

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA



TESIS DOCTORAL

**Influencia de las radiaciones UV sobre el crecimiento y
pigmentos liposolubles en el ciclo vegetativo de Nicotiana
Rustica L y Hordeum Distichon L.**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

María Soledad Martín Gómez

Madrid, 2015

M^a Soledad Martín Gómez

TP
1980
028



x-53-153944-9

INFLUENCIA DE LAS RADIACIONES UV SOBRE UN CRECIMIENTO
Y PIGMENTOS LIPOSOLUBRES EN EL CICLO VEGETATIVO DE
NICOTINA RUSTICA L. Y HORDEUM DISTICHON L.

Facultad de Farmacia
Departamento de Fisiología Vegetal
Universidad Complutense de Madrid
1979



BIBLIOTECA

© M^a Soledad Martín Gómez
Editorial de la Universidad Complutense de Madrid
Servicio de Reprografía, Noviciado, 3-Madrid-8
Madrid, 1980
Xerox 9200 XB 480
Depósito Legal: M-5513-1980

MARTIN GOMEZ, MARIA SOLEDAD

INFLUENCIA DE LAS RADIACIONES UV SOBRE EL CRECIMIENTO Y PIGMENTOS LIPOSOLUBLES EN EL CICLO VEGETATIVO DE NICOTIANA RUSTICA L. Y HORDEUM DISTICHON L.

Leída el 19 de Septiembre de 1979

En el presente trabajo se ha tratado de estudiar la influencia de distintas dosis de UV-lejano (2.537 Å), por un lado, y de idénticas dosis de UV-lejano seguido de una dosis fija de UV-cercano (3.550 Å), sobre dos especies de plantas: Nicotiana rustica L. (Dicotiledónea) y Hordeum distichon L. (Monocotiledónea).

Se estudiaron los efectos lesivos del UV-lejano y del UV-lejano + UV-cercano sobre ambas especies indicadas anteriormente. También se quiso conocer el posible efecto recuperador del UV-cercano al ser suministrado conjuntamente con el UV-lejano. De esta forma, se intentaba estudiar cual de las dosis de UV-lejano ofrecía una mejor recuperación por el UV-cercano y en que grado se producía ésta. También se observó la respuesta presentada por las especies estudiadas cuando fue suprimido el tratamiento con UV-lejano, quedando a partir de ese momento, unas plantas sin tratamiento con UV (aquellas que sólo recibían un tipo de radiación) y otras recibiendo sólo UV-cercano (aquellas que recibían ambos tipos de radiaciones).

Han sido estudiadas las variaciones del crecimiento y desarrollo de las plantas irradiadas comparadas con plantas Control y los niveles de pigmentos liposolubles, por su importancia en el normal funcionamiento del proceso fotosintético de los vegetales.

El UV produjo un retraso en el crecimiento y desarrollo de las plantas de N. rustica L. y H. distichon L. irradiadas, siendo mayor en aquellas plantas que recibieron tratamiento ininterrumpido con UV-cercano respecto de las que ya no recibían tratamiento alguno, al interrumpir en ambos casos la irradiación con UV-lejano.

El UV-lejano produjo, en ambas especies utilizadas, una disminución en el contenido de clorofila y carotenoides. Pero al interrumpir el tratamiento con dicha radiación se produjo un aumento en el porcentaje de clorofila y de carotenoides en ambas especies.

El tratamiento con UV-lejano + UV-cercano, también produjo en las plantas de N.rustica L. y H.distichon L. una disminución de clorofila y carotenoides. Como en el caso anterior, al suprimir la irradiación con UV-lejano, continuando el tratamiento con UV-cercano, se produjo una recuperación de las plantas, manifestándose por un mayor porcentaje de pigmentos. Sin embargo fue observado como este porcentaje fue inferior respecto de aquellas plantas que no recibían ningún tipo de radiación, al haber suprimido el tratamiento con UV-lejano.

El análisis de estos resultados muestran un efecto acumulativo en los daños producidos por la irradiación, siendo, a igualdad de dosis, más dañinas las irradiaciones masivas que las fraccionadas. Los resultados obtenidos también parecen indicar la nula o escasa participación del UV-cercano en el proceso de fotorrecuperación de las plantas dañadas por el UV-lejano, al menos en las especies y condiciones de experimentación por nosotros estudiadas.

FACULTAD DE FARMACIA

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

DEPARTAMENTO DE FISILOGIA VEGETAL

"INFLUENCIA DE LAS RADIACIONES UV SOBRE EL CRECIMIENTO
Y PIGMENTOS LIPOSOLUBLES EN EL CICLO VEGETATIVO DE
NICOTIANA RUSTICA L. Y HORDEUM DISTICHON L."

Memoria presentada por
Dña M^a Soledad Martín Gómez
para aspirar al GRADO DE
DOCTOR EN FARMACIA.

Madrid, Mayo de 1979

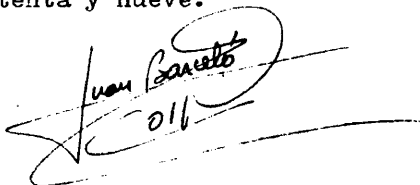
D. JUAN BARCELO COLL, CATEDRATICO Y DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE FISILOGIA VEGETAL DE LA FACULTAD DE FARMACIA - DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

CERTIFICA:

Que la Licenciada Dña M^a Soledad Martín Gómez, ha realizado bajo su dirección y en el Laboratorio de la Cátedra, el trabajo que, para optar al Grado de Doctor en Farmacia, presenta - con el título:

"INFLUENCIA DE LAS RADIACIONES UV SOBRE EL CRECIMIENTO Y PIGMENTOS LIPOSOLUBLES EN EL CICLO VEGETATIVO DE NICOTIANA RUSTICA L. Y HORDEUM DISTICHON L.

Y para que así conste firmo la presente certificación en Madrid a 10 de Mayo de mil novecientos setenta y nueve.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Juan Barcelo", with a large, stylized flourish underneath. The date "01/1" is written below the signature.

Expreso mi sincero agradecimiento al Prof. D. - Juan Barceló Coll, Catedrático del Departamento de Fisiología Vegetal de la Facultad de Farmacia de Madrid y Director de esta Tesis, por su orientación y facilidades dadas para su desarrollo.

Asimismo agradezco al Prof. Dr. D. Juan B^a Abad Manrique su entrañable amistad y sus constantes consejos durante su realización y en mi permanencia en el Departamento.

Igualmente al Prof. Dr. D. Francisco López-Belmonte Rubira en quién siempre encontré muy favorable y eficaz acogida y ayuda.

A todos los compañeros del Departamento la amistad brindada en todo momento.

Y al Departamento de Farmacognosia y Farmacodinamia su ayuda en las técnicas fotográficas.

Por último mi reconocimiento a la Subdirección General de Investigación Universitaria (Ministerio de Educación y Ciencia) por la ayuda económica propia de la Reca de Formación de Personal Investigador disfrutada para la realización de esta Tesis.

A mis padres

I N D I C E

	Página
I) <u>I N T R O D U C C I O N</u>	
I.1.- <u>BIOFISICA DE LA LUZ</u>	1
I.1.1.- Espectro visible	4
I.1.2.- Radiación UV	5
I.2.- <u>LA RADIACION UV Y LAS PLANTAS</u>	8
I.2.1.- Efectos Morfogénicos de la Ra diación UV en las plantas ...	9
I.2.2.- Efectos Celulares de la Radia ción UV	11
I.2.3.- Efectos Fisiológicos de las - Radiaciones	14
I.2.4.- Efectos de la Radiación UV so bre la síntesis de Pigmentos.	25
I.2.4.1- Clorofilas	25
I.2.4.2.-Carotenoides	29
I.2.4.3.-Ficobilinas	31
I.2.4.4.-Antocianos	31
I.3.- <u>FOTO-REACTIVACION DE LOS DAÑOS PRODU- CIDOS POR LA RADIACION UV</u>	33
II) <u>O B J E T O D E L T R A B A J O</u>	36
III) <u>M A T E R I A L E S Y M E T O D O S</u>	40
III.1.- <u>CONDICIONES DEL CULTIVO Y TIPOS DE IRRADIACION</u>	40
III.1.1.- <u>Nicotiana rustica L.</u>	40
III.1.2.- <u>Hordeum distichon L.</u>	48

	Página
III.2.- <u>TOMA DE MUESTRAS</u>	54
III.3.- <u>DETERMINACIONES ANALITICAS</u>	58
III.3.1.- Determinación de Peso - Fresco y Peso Seco	58
III.3.2.- Contenido de Pigmentos Liposolubles	59
III.3.2.1.-Determinación espec trofotométrica de - Clorofila Total, - Clorofila <u>a</u> y Cloro fila <u>b</u>	59
III.3.2.2.-Determinación espec trofotométrica de - Carotenoides Totals	62
IV) <u>RES U L T A D O S</u>	65
IV.1.- <u>Nicotiana rustica L.</u>	65
IV.1.1.- Crecimiento y Desarrollo de las Plantas	65
IV.1.2.- Peso Fresco y Peso Seco.	75
IV.1.3.- Contenido de Clorofila - Total, Clorofila <u>a</u> y Clo rofila <u>b</u>	86
IV.1.4.- Contenido de Carotenoi-- des Totales	112
IV.2.- <u>Hordeum distichon L.</u>	123
IV.2.1.- Crecimiento y Desarrollo de las Plantas	123
IV.2.2.- Peso Fresco y Peso Seco.	140
IV.2.3.- Contenido de Clorofila - Total, Clorofila <u>a</u> y Clo rofila <u>b</u>	151
IV.2.4.- Contenido de Carotenoides Totales	212

	Página
V) <u>DISCUSION GENERAL</u>	235
VI) <u>CONCLUSIONES</u>	247
VII) <u>BIBLIOGRAFIA</u>	252

=====

I) I N T R O D U C C I O N

1

I) INTRODUCCION

I.1.- BIOFISICA DE LA LUZ

Desde la antigüedad existió una preocupación por conocer la naturaleza de la luz. Sin embargo, hasta mediados del siglo XVII no aparecen definitivamente dos teorías acerca de su naturaleza: la teoría corpuscular y la teoría ondulatoria.

La teoría corpuscular fue defendida por Newton - en 1664 al explicar la propagación rectilínea de la luz y la ley de la reflexión, no obstante, no explica adecuadamente la ley de la refracción ni otros fenómenos luminosos.

Huygens, en 1678, explica las leyes de la reflexión y refracción mediante la teoría ondulatoria, al definir la luz como un "movimiento ondulatorio", del mismo tipo que el sonido. Como la luz se transmite en el vacío supone que las ondas luminosas necesitan para propagarse un medio ideal, el "éter", presente tanto en el vacío como en los cuerpos materiales. Partiendo de esta teoría, Huygens logra demostrar las leyes de la refracción y de la reflexión.

La teoría ondulatoria no fue aceptada hasta que - (1801) los experimentos de Young sobre los fenómenos de interferencia y los de Fresnel (1815) sobre la difracción sólo tenían su explicación con esta teoría, aunque presentaba una dificultad fundamental que es la hipótesis del éter.

En 1865, Maxwell aclaró el significado de las ondas luminosas al establecer la teoría electromagnética de la luz. Encuentra que la perturbación del campo electromagnético es susceptible de propagarse en el espacio con una velocidad que coincide con la velocidad de la luz en el vacío.

En 1888, las experiencias realizadas por Hertz establecen definitivamente la identidad entre los fenómenos luminosos y electromagnéticos.

En 1900, surge la teoría de los cuantos de Planck, al no poder explicarse por la teoría anterior fenómenos de radiación por absorción o emisión, emisión de la luz por cuerpos incandescentes y el fenómeno fotoeléctrico. Esta teoría provoca un retorno a las teorías defendidas por Newton, sin embargo, no puede explicar fenómenos de tipo ondulatorio.

Por consiguiente, nos encontramos nuevamente con dos hipótesis: la teoría electromagnética que lleva consigo la idea de continuidad y la teoría de los cuantos de luz que es discontinua.

De Broglie, en 1924 y Schrödinger en 1926, aúnan ambas teorías al suponer que la luz durante su propagación está formada por ondas electromagnéticas, mientras que en su interacción con la materia y en procesos de absorción o emisión, tiene naturaleza corpuscular. Así mediante esta teoría que parte de la dualidad en la naturaleza de la luz, se pueden explicar tanto los fenómenos de tipo ondulatorio como los de tipo corpuscular (46).

Las radiaciones electromagnéticas se diferencian entre sí por sus energías y sus longitudes de onda, manifestándose por variaciones periódicas de campos eléctricos y magnéticos. El número de las variaciones periódicas de los campos por unidad de tiempo, recibe el nombre de frecuencia y viene expresado por la relación:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

c = velocidad de la luz = 300000 Km/sg = $30 \cdot 10^{10}$ cm/sg.

λ = longitud de onda (expresado frecuentemente en Å)

La ecuación de Planck relaciona la energía del "Cuanto o Fotón" con la frecuencia:

$$E = h \cdot \nu$$

Siendo:

E = Energía de un cuanto de radiación, en ergios.

h = Constante de Planck, cuyo valor es $6,62 \cdot 10^{-27}$ ergios.

ν = Frecuencia de la radiación, en vibraciones/segundo.

Por consiguiente:

$$E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$$

De acuerdo con esta expresión, la energía de un fotón es inversamente proporcional a la longitud de onda de la radiación.

La energía del fotón se expresa normalmente en ergios, no obstante a veces se mide en electrón- voltio (ev), cuya unidad es la energía cinética que adquiere un electrón cuando es acelerado por la diferencia de potencial - de un voltio (29)

$$1 \text{ ev} = 1,60 \cdot 10^{-12} \text{ ergios}$$

I.1.1.- Espectro visible

De la amplia zona de ondas electromagnéticas, las ondas luminosas forman una pequeña zona, y de éstas, el - espectro visible comprende las susceptibles de estimular el sentido de la visión. Dicha zona es aproximadamente la situada entre 7.700 y 3.900 Å (41)

Las ondas luminosas, que constituyen el espectro visible, varían en el vacío desde la luz violeta, cuya - longitud de onda es del orden de $4 \cdot 10^{-5}$ cm, hasta la luz - roja, que corresponde a la máxima longitud de onda, del - orden de $7 \cdot 10^{-5}$ cm. Por ser las longitudes de onda del espectro visible tan pequeñas se acostumbran a medir con - unidades Angstrom:

$$1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ cm o en milimicras: } 1 \text{ m} = 10^{-7} \text{ cm} = 1 \text{ nm}$$

Por consiguiente las longitudes de onda de las luces violeta y roja medidas en estas unidades, serán:

$$\lambda_v = 4.000 \text{ Å} = 400 \text{ nm}$$

$$\lambda_r = 7.000 \text{ Å} = 700 \text{ nm}$$

siendo éstos los dos límites aproximados del espectro visible. (46)

Dentro del espectro electromagnético, según sus energías y longitudes de onda, se puede distinguir: Rayos X, Rayos UV, luz visible, Rayos Infrarrojos y ondas de radio (FIGURA I-1)

I.1.2.- Radiación UV

Es la región del espectro electromagnético que abarca las longitudes de onda comprendidas entre 4.000 Å y 100 Å. Son radiaciones de baja energía (≈5ev) y de poco poder penetrante. Las radiaciones inferiores a 100 Å tienen suficiente energía para dissociar el agua, siendo consideradas como radiaciones ionizantes. (FIGURA I-2).

El UV puede dividirse en 3 regiones:

- UV -vacío, de 100- 200 nm.
- UV -lejano, de 200- 300 nm.
- UV -cercano, de 300- 400 nm.

El UV -vacío se separa del UV-lejano al transmitirse en el vacío, donde la absorción de los componentes gaseosos es mínima. El UV-lejano se delimita por sus efectos biológicos; esas longitudes de onda inciden sobre moléculas biológicas importantes incluyendo los ácidos nucleicos y proteínas. El límite entre UV-lejano y UV-cercano no está en función de factores físicos y biológicos básicos. El límite de UV-cercano es 390-400 nm, porque radiaciones de esta longitud de onda pueden penetrar y excitar la retina. (66)

5 bis.-

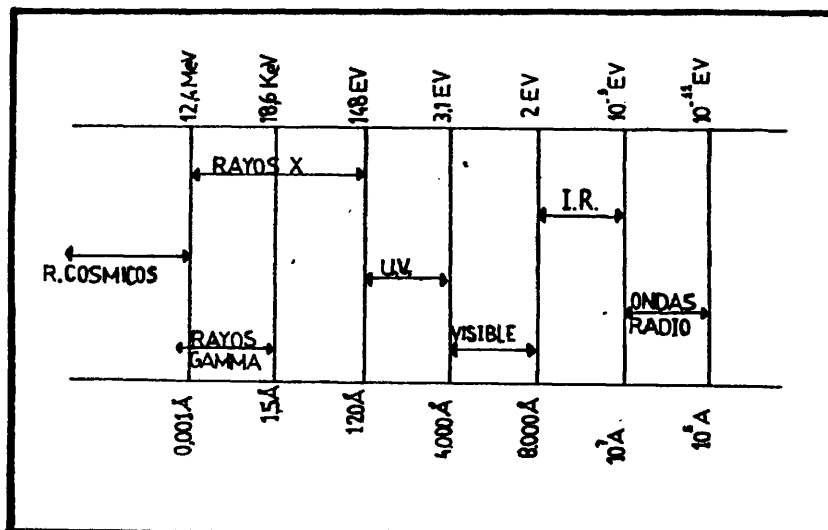


FIG.1-1.-Espectro Electromagnético.

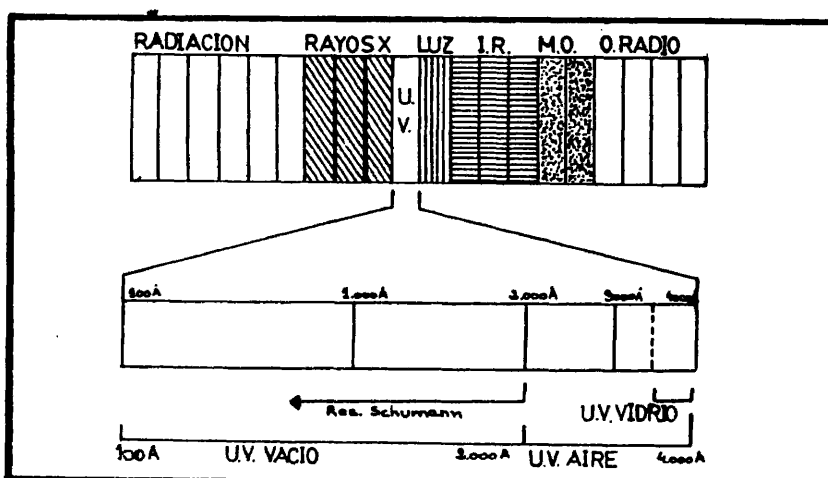


FIG.1-2.-Espectro Ultravioleta.

Otra división de la radiación UV es la siguiente:

- UV en el vidrio, radiaciones capaces de atravesar el vidrio común, comprende el intervalo - - $3.500\text{\AA} - 4.000\text{\AA}$.
- UV en el aire, radiaciones que logran atravesar el aire, comprende el intervalo $3.500\text{\AA} - 2.000\text{\AA}$
- UV en el vacío, radiaciones que sólo se propagan en el vacío, llamándose también "Región de Schuman" comprende intervalos de $2.000\text{\AA} - 100\text{\AA}$ (30).

Las bandas de UV-lejano y UV-cercano han sido delimitadas por los dermatólogos, definiéndose tres clases:

- UV-A, que comprende de 320-390 nm.
- UV-B, que abarca de 280-320 nm.
- UV-C, de 200-280 nm

El UV-B es el responsable de respuestas fotopatológicas en la piel, por lo que se denomina también ultravioleta eritematoso o UV-de longitud de onda media. El UV-C, se denomina también región germicida, siendo el óptimo poder a $2.500 - 2.650\text{\AA}$.

La radiación UV, al no ser ionizante, produce una excitación de los átomos al desplazar los electrones a un estado de mayor energía sin destruirlos. Por la radiación UV se producen reacciones químicas en los componentes vitales celulares, sobre todo en proteínas y ácidos nucleicos.

Hay diversos procedimientos de obtener radiaciones UV. Los más frecuentes suelen ser por tubos de descarga; los gases utilizados dependen de la finalidad que se quiera dar a la radiación producida, así los vapores enrrecidos de Hg dan lugar a una emisión de radiación compuesta sólo por algunas longitudes de onda, empleándose generalmente en el campo farmacéutico para esterilización; - sin embargo, el Hidrógeno produce un espectro continuo, - utilizándose para análisis espectrofotométrico (31).

I.2.- LA RADIACION UV Y LAS PLANTAS

El sol emite longitudes de onda que se extienden desde los rayos gamma, radiaciones ionizantes, radiación UV, visible, radiación infrarroja y microondas. La radiación UV de longitud de onda < 280 nm, procedente del espectro solar, no llega a la superficie de la Tierra al ser filtrada por la capa de ozono que rodea al planeta. Una disminución de la capa del ozono atmosférico en la estratosfera producirá un aumento de la radiación UV-B sobre la superficie terrestre (111). Además de esta filtración natural, existen otros factores capaces de impedir la acción del UV sobre la superficie de la Tierra, es el caso de los gases atmosféricos que no absorben dichas radiaciones, pero son capaces de dispersarlas en todas direcciones. La presencia de partículas suspendidas varían con las condiciones atmosféricas y con la altitud pudiendo reducir la intensidad de las radiaciones UV. En trabajos de investigación pueden emplearse filtros apropiados para las distintas longitudes de onda de la radiación UV (55).

La intensidad de la radiación UV varía con la altura. En el caso de UV-A (320-400 nm) se produce un incremento del 10% por cada 2.000 m de altura, pero puede incrementarse en relación con la masa de aire, con poco cambio en las proporciones relativas de cada longitud de onda. Además de la altura y cambios naturales de ozono, pueden intervenir otros factores como la variación estacional, latitud e incluso la variación solar (66).

I.2.1.- Efectos Morfogénicos de la Radiación UV en las plantas.

Thompson (1905) indicó que las plantas alpinas - tendían a poseer largas raíces, hojas pequeñas y pilosas y pétalos coloreados brillantemente. Thompson y Arber indicaron que el incremento de UV-cercano en la luz solar - de las montañas era responsable de los cambios químicos y morfológicos. Bonnier (1894,1895) tomó especies de plantas alpinas y subalpinas, que perdían sus características al alejarlas de su hábitat correspondiente. Este autor observó también como las plantas que pertenecían a tierras de menor altitud adquirirían características similares a - las plantas de alta montaña al trasladarlas a este lugar (66).

Schroeter (1908) examinó histológicamente estas plantas, observando que las plantas alpinas presentaban - hojas más delgadas y algunas especies presentaban la formación de una hipodermis, los espacios intercelulares del mesófilo se reducían y las células epidérmicas tendían a acumular antocianos con depósitos de cera en su cutícula. Este autor concluyó diciendo que el carácter de estas - plantas era causado por una combinación de intensidad luminosa y modificaciones térmicas (66).

Schanz (1918), observó que al eliminar toda la radiación de UV-cercano, las plantas eran mayores, con hojas menos pilosas y más delgadas y corola más pigmentada.

Por encima de 380 nm las plantas presentaban un incremento de clorofila y mejora en la floración, produciéndose un aumento de sus frutos. Al restaurar la radiación a 380 nm se producía un rápido incremento de antocianos (66).

Pierschle (1941), estudió el crecimiento de las plantas que recibían dosis de UV-lejano y las que recibían luz visible, no produciéndose ningún daño en estas últimas. La irradiación con UV-B resultaba mortal para las plantas no alpinas después de un corto tiempo de exposición (66). Brodführer (1955) encontró inhibición en las plantas sometidas a radiación natural. La resistencia de las plantas alpinas al UV se produce por un fenómeno de filtración a través de la epidermis. Se observó que la luz visible influye en la transmisión de la radiación UV, por esta razón las hojas sufren mayor daño cuando reciben sólo radiación UV (20).

Nilsen (1971), filtró la luz solar y observó que el tubérculo de la patata se reducía en presencia de UV cercano, probablemente por una clórosis e hipertrofia foliar y reducción del vigor de las plantas. Lipton (1975) encontró que el daño producido por la radiación solar en especies de Cucurbitáceas era causado a 300-350 nm y el tono bronceado a 350-380 nm. Esto llevó a pensar, que el daño producido por la radiación solar puede ser el resultado de la absorción del ácido nucleico y el tono oscuro puede ser debido a otro cromóforo (66).

Sisson y Caldwell (1976) expusieron Rumex patien-
tia L. a la acción del UV (288-315 nm), observando una di-
minución del crecimiento foliar durante los primeros días
de exposición. A los 22 días de tratamiento, el área fo-
liar se redujo un 50% (103).

I.2.2.- Efectos Celulares de la Radiación UV

En 1914, Dangeard encontró que por debajo de 313nm
había una absorción completa para muchas especies. La ra-
diación UV presentaba una menor penetración en las hojas
pilosas que en las hojas carentes de pelos, mientras que
las Crasuláceas no transmitían por debajo de 365 nm. Tra-
bajos de campo realizados con Zea mays (1964), encontra-
ron que alrededor del 30% de las longitudes de onda perte-
necientes a la banda 300-330 nm se transmitían a través -
del sembrado, aparentemente entre las hojas, ya que la -
transmisión a través de las hojas de maíz era solamente -
alrededor del 5% (66).

Caldwell, en 1966, relacionó la altitud y las pro-
piedades transmisivas en una variedad de plantas alpinas,
observando que estas plantas tenían mayor poder de trans-
misión. Cuando estas plantas eran sometidas directamente
a la luz solar su capacidad absorbente de la radiación UV
se incrementaba. Si estas plantas crecían bajo filtros ca-
paces de absorber la radiación UV, tenían una transmitan-
cia mayor, lo que induce a pensar que el UV-cercano acti-
vaba la síntesis de compuestos que absorbían o selecciona-
ban las radiaciones nocivas (66).

Por los estudios realizados, la cutícula parecía ser la primera barrera y quizás la más importante para la penetración de la radiación UV. Metzner (1930), Wuhrmann-Meyer (1941), Brabham & Biggs (1975) midieron la absorción de la cutícula desde 275 a 350 nm, encontrando que había una completa absorción por debajo de 300 nm. Las ceras y cubiertas de las semillas son excelentes filtros del UV--cercano con absorción elevada a 365 nm (66).

Metzner (1930), y Lautenschlager-Fleury (1955), - midieron la penetración de la radiación del UV-cercano a través de la pared y contenido celular. A una longitud de onda de 350-400 nm, la celulosa y hemicelulosa de las paredes celulares eran relativamente transparentes, pero la madera o corcho resultaba impenetrable al absorber el 50% de la radiación las paredes lignificadas. El protoplasma y ácidos nucleicos absorben la radiación UV-cercano muy - débilmente, los cloroplastos lo hacen fuertemente y el - contenido celular presenta una absorción intermedia (66).

Las células presentan diversos constituyentes capaces de absorber la radiación UV actuando así como protectores. Bünning (1947) descubrió que las plantas tropicales presentaban determinadas sustancias protectoras frente a la radiación UV. Kernel (1896) encontró que especies como Linum carecían de la capacidad para sintetizar flavonas y morían por la acción del UV-cercano, mientras que - Satureja al sintetizar esos compuestos sobrevivían en las altitudes. En 1916, Shibata y col. observaron que las cé-

lulas epidérmicas y parenquimáticas de las plantas de elevada altitud presentaban un mayor contenido flavónico que las plantas de baja altitud, encontrando una posible correlación entre el contenido flavónico y la altura. Rosenheim (1918) y Gola (1927) confirmaron las ideas de autores anteriores, concluyendo que la síntesis y acumulación de flavonas era un proceso defensivo contra el daño de la radiación UV procedente del sol (66).

Metzner (1930) y Lautenschlager-Fleury (1955) observaron que las vacuolas de las células epidérmicas de las hojas de las plantas de elevada altitud, acumulaban flavonas y taninos, pudiendo servir estos últimos, como filtros de la radiación UV (66).

Cline y Salisbury (1966) manifestaron la distinta sensibilidad de las plantas frente a la radiación UV-germicida (2.537 \AA) debido a los mecanismos de adaptación y protección de las plantas. Las especies de largas hojas, como Pharbitis nil y Pisum sativum presentaban mayor sensibilidad que las plantas de hojas duras como Pinus ponderosa y xerófitas. Las plantas herbáceas presentaron una moderada resistencia. Sin embargo, un pretratamiento con dosis subletales de UV, causaron un incremento en la sensibilidad de las hojas de Xanthium, produciendo un bronceamiento y oscuridad en la superficie foliar debido a la formación de productos fenólicos oxidados y polimerizados después de producirse las lesiones por el tratamiento con UV (32, 33).

13613

Máximos de absorción en el UV de varios constituyentes
celulares solubles (58)

Compuestos biológicos	Máximo de absorción UV (nm)	Compuestos biológicos	Máximo de absorción UV (nm)
fenol	270-220	NAD y NADP	340 (260)
ac. nucléico	260-210	vitam. B ₁₂	280-360
proteínas			
triptófano	280-230	ac. ascórbico	265
tirosina	280-230	tocoferol	295
esteroides		vitam. K ₁	240-280-300
ergosterol	270-290	flavonas	250-300-220
carotenoides	260-320 320-380	flavononas	250-300-350 200
porfirinas	350-400	flavonoles	250-300-350
clorofila <u>a</u>	360-400	catequinas	270-280-210 220
clorofila <u>b</u>	280-380	antocianinas	270
flavinas	223-265 370	p. ejem. pelar gonina	267-331-400
pterinas	240-280 349-380		

I.2.3.- Efectos Fisiológicos de las Radiaciones

Los efectos de la radiación UV sobre la germinación pueden ser observados no sólo en las semillas, sino también en los granos de polen. El polen maduro presenta un pigmento que posee una función protectora contra la radiación UV, pero el tratamiento continuado (8 h.) con dicha radiación es suficiente para causar un importante decrecimiento de la capacidad de germinación, por consiguiente el pigmento actúa como filtro de UV (71).

Bailey y Wolff (1964) observaron como los granos de polen de Tradescantia paludosa irradiados con rayos X y UV y puestos a germinar con un inhibidor de proteninas presentaban un incremento de alteraciones cromáticas, lo que indica que la síntesis protéica es necesaria para reparar las lesiones producidas por la radiación, siendo la radiación UV la que produce una mayor inhibición en su mecanismo de acción (5).

La inhibición producida por los rayos X y radiación UV en la germinación y crecimiento del polen en distintas especies de plantas, presenta una curva exponencial de supervivencia para la radiación UV y sigmoidea en el caso de los rayos X, por lo que Brewbaker, Espiritu y Majunder indican que los rayos UV a 2.537 Å producen la muerte de los granos de polen por inactivación genética (19).

15

Pfahler (1973) observó como los granos de polen - de Zea mays L. expuestos a la radiación UV presentaban - una germinación decreciente al aumentar la exposición a - dicha radiación (85). Chang y Campbell (1976) observaron como las plantas de Tradescantia irradiadas con UV-B pre - sentaban una variación de color, del número de pelos de - los estambres y de las células de los mismos. Por la ac - ción del UV-B se incrementaba el número de variaciones, - mientras que la germinación del polen decrecía (26).

La germinación de las semillas y posterior creci - miento de las plantas se ve afectada por la radiación UV, pero siempre en función de la longitud de onda utilizada y de la sensibilidad de la especie vegetal irradiada. Ja - cobi (1928), indicó que las semillas secas de mostaza, le - chuga y otras especies, germinaban y crecían mejor cuando recibían radiación UV-cercano (66). Sheard, Higgings y Fos - ter (1930) comprobaron también que el UV solar estimulaba la germinación y crecimiento de las plántulas pero no - - aportan datos sustanciales. A 300-320 nm parecía estimu - lar la germinación y crecimiento, pero en los controles, - no irradiados, alcanzaron la misma altura que los que re - cibían la radiación UV-B (100).

Mezzadral y Vareton (1929) irradiaron a 330-390 - nm semillas de pera, maíz, habas y cebada durante 30 minu - tos diarios, indicando que la germinación se estimulaba y el crecimiento de las plántulas se mejoraba, desaparecien - do este crecimiento avanzado 10 días después de la germi - nación (66).

Wagne (1966) también encontró pequeña estimulación, pero significativa, en la germinación de las semillas de lechuga a 334 nm, ligera represión a 313 nm y sin efecto a 365 nm. Aunque la germinación no fue afectada, hubo una pequeña estimulación de la elongación del hipocotilo (115).

Stoklasa (1911) expuso semillas a la acción de una lámpara con filtros apropiados para los rayos UV, observando que la germinación se reprimía y las plántulas desarrolladas eran débiles, con una reducción de clorofila. Si la radiación continuaba se producían modificaciones que recordaban a las plantas alpinas (66).

Popp y Brown (1927-28), hicieron germinar semillas de rábano en papel de filtro húmedo, creciendo las plántulas en oscuridad o en luz difusa para desviar todo el UV-cercano. Usando varios tipos de filtros encontraron que el UV-cercano era generalmente inocuo cuando las radiaciones se suministraban durante un breve período de tiempo. Ellos concluyeron que el UV-cercano no era beneficioso ni lesivo para el desarrollo de las plántulas, pero esta conclusión se puso en duda en varios experimentos (90).

Krizek (1975) expuso plántulas de distintas especies a la acción del UV-B y encontró a los tres días de exposición que había un ligero efecto sobre el peso fresco de las plantas, pero no era apreciable en el porcentaje de germinación. A los 6 días se presentaron algunas

anormalidades en la mayor parte de las especies irradiadas, tales como pequeñas raíces, hojas bronceadas y anormal curvatura del aparato radicular (68).

Schulz y Klein (1963) observaron como las diferentes longitudes de onda en las regiones del UV-cercano y UV-lejano alteraban la respuesta de la germinación de Phacelia tanacetifolia, presentando la luz azul una menor efectividad que las otras radiaciones a igual energía (93).

Ambler, Krizek y Semenink (1975) observaron como las plántulas de algodón (10 días) irradiadas con UV-B presentaron en los comienzos un bronceado y un aspecto brillante de los cotiledones y más tarde un plegamiento y una rotura foliar. La expansión foliar y movilidad del ⁶⁵Zn desde los cotiledones sufría daños por la acción del UV-B (1).

Diversos autores que han trabajado con plantas bajo diversas condiciones, han indicado que la irradiación a 300-400 nm era inocua, estimulante o represiva para el crecimiento celular (66).

Seibert, Wetherbee y Job (1975) encontraron que a 371 nm la radiación UV estimulaba el crecimiento y producción de clorofila en las células del tabaco, pero puede ser una respuesta fotosintética más que una fotoestimulación en el crecimiento celular (94). En general, por incremento del flujo de UV-B que normalmente presenta la luz solar, se produce un daño en las plantas manifestándose por un descenso en el contenido celular, reducción del

crecimiento caulinar, de la superficie foliar, pérdida de la dominancia apical, abscisión y clorosis o muerte foliar. La sensibilidad presentada por las plantas frente al UV-B y UV-C era mayor en las plantas jóvenes y en las inadaptadas a este tipo de radiación (66). La sensibilidad al UV se midió por la pérdida de capacidad reproductiva y de crecimiento en células de Oedogonium cardiacum, cultivadas bajo distintas condiciones (82).

En cultivos celulares de Nicotiana tabacum L. van Xanthi, Wright, Terence y Murphy (1977), observaron como la radiación UV (254nm) estimulaba la salida de $^{86}\text{Rb}^+$ al medio extracelular. Sin embargo la radiación no afectaba a la estructura de la membrana, pero puede afectar al transporte de Rb^+ , del mismo modo que afecta al transporte de K^+ , Na^+ y Cl^- en células de Chara corallina (121).

Goodwin (1941) encontró que a 365 nm se producía una inhibición en la elongación del primer internudo de Avena (48). Otros investigadores concluyeron que el UV-C es inocuo para crecimiento de las plantas, pero estos estudios estaban basados en cortos períodos de irradiación o con baja intensidad. En general, estos resultados no son muy seguros por la fotoreactivación, fotoprotección y por la baja intensidad de la radiación UV. Prodführer (1961) observó que el crecimiento de las plantas podía modificarse por la acción del UV-cercano, presentando tallos cortos y delgados, reducción del mesófilo y mayor cantidad de clorofila (66).

Fries (1960) observó disminución en el crecimiento radicular en Lupinus y también cómo los efectos de la citoquinina desaparecían por la acción del UV-cercano (44). Klein, Edsall y Gentile (1965) encontraron que la adición de UV-cercano reduce el peso fresco de las plantas de caléndula, pero no su altura y peso seco, produciendo un retraso en la prefloración y floración (64). Resultados similares se obtuvieron con Solanum, Zea mays, Phaseolus vulgaris. Klein (1964) observó que la radiación entre 300-375 nm producía una inhibición en el crecimiento de tejidos de Parthenocissus y tejidos irradiados con una longitud de onda de 360 nm muestran áreas necróticas a los 14 días de tratamiento (63). Sisson y Caldwell (1976) observaron una reducción del 50% en el peso seco de plantas de Rumex patientia L., irradiadas con UV (288-315 nm), después de 22 días de tratamiento (103).

En estudios realizados se sugirió que el UV-cercano no podía jugar un papel importante en el metabolismo auxínico. Popp y McIlvaine (1937) encontraron que plantas irradiadas con UV-cercano tenían un menor contenido auxínico que las plantas no irradiadas. Gessner (1934) encontró que el UV-cercano, a 365 nm, producía una reducción en la elasticidad parietal y extensibilidad en el hipocotilo del girasol (66). Klein (1967) indicó que las alteraciones producidas por la radiación ultravioleta (254 nm) en la capacidad de crecimiento, podían ser adscritas a las modificaciones inducidas por la radiación UV en las respuestas celulares frente a la hormona auxínica (65).

Fridborg y Eriksson (1975) indicaron que los cultivos de Allium no eran afectados por la adición de UV- - cercano más luz azul, sin embargo sí se producía inhibición en cultivos de Nicotiana y Haplopappus (66). También fue observado como la radiación UV induce a una curvatura radicular en Phleum pratense. De una parte, dosis bajas - estimularon la elongación celular y la inhiben por otra.- Puede ser que este efecto sirva de mediador para la inactivación auxínica (21).

La radiación UV no actúa sólo sobre la germinación y posterior crecimiento de los vegetales, sino que durante todo el ciclo vegetativo de los mismos ejerce su influencia alterando determinados procesos metabólicos, necesarios para el normal funcionamiento de los vegetales. Así, exposiciones cortas a la luz UV trae como consecuencia - cambios en los ritmos de luminiscencia y división celular en Gonyaulax (106).

Tanada (1955), observó como la radiación UV y el Ca, influían en la absorción de sales de Rb y P. La absorción del Rb se incrementa por la radiación UV a 2.537 Å, - pero la presencia del Ca decrece su absorción. Por el contrario, el P se absorbe con menor intensidad por la radiación UV, disminuyendo aún más por la presencia del Ca (108).

Los niveles de citocromo-oxidasa y oxígeno en hojas de Xanthium sometidas a radiación UV, fueron estudiados por El-Mansy y Salisbury (1971), observando como estos niveles descendían por la radiación, pero aumentaban en hojas regeneradas. En estas hojas, se producía una marcada disminución en el contenido de proteínas y clorofila cuando la irradiación se realizaba a 20° C. Sin embargo, la disminución no era tan acusada a 10° C y 0° C. Lo mismo ocurría con los niveles de aminoácidos, lo que induce a pensar que a baja temperatura son menores los efectos lesivos del UV (2.537 Å) (38).

En 1974, estos mismos autores observaron como la exposición de hojas de Allium cepa a la acción del UV-lejano (2.537 Å) y a baja temperatura, induce la pérdida y rotura de clorofila. Pero también se produce un incremento en la actividad de la peroxidasa en hojas y raíces, aunque estas últimas no estén expuestas a la acción del UV. Sin embargo, la catalasa y piruvato-quinasa se inhiben por la irradiación a nivel foliar, produciéndose un aumento en el aparato radicular al no recibir la acción del UV (39). Habeck y Curtis (1974) estudiaron los efectos del UV-germicida y UV-cercano sobre la actividad de la peroxidasa en hojas de soja. Estos autores observaron que los niveles pueden estimularse por la acción del UV-germicida, sin embargo el UV-cercano puede inducir a una restauración en los niveles normales del enzima (49).

La radiación UV de corta longitud de onda influye en la biosíntesis fenólica de las plantas, induciendo la formación de fenilalanina-amonio-liasa a las 4-6 h. después de la irradiación, observándose una máxima actividad 18 h. del tratamiento (51,126).

Los efectos de la radiación UV pueden ser modificados por otros tratamientos simultáneos. De esta forma, Singh (1978) observó como los efectos del UV podían modificarse cuando se incorpora acriflavina a los cultivos celulares de Anabaena variabilis durante la irradiación con UV. Aparentemente el efecto protector es debido a que las células del alga lo intercalan en el material genético - (102). Wellmann (1971), observó que la síntesis de glucósidos flavónicos en Petroselinum hortense se incrementaba al irradiar con rojo lejano, después de la irradiación con UV (380nm). De cualquier modo el efecto de la radiación UV se reducía irradiando posteriormente con rojo lejano. El efecto del rojo lejano retornaba a su estado anterior por una irradiación subsiguiente con rojo cercano. Las irradiaciones rojo cercano y rojo lejano eran inefectivas sin pre-irradiación con UV. En esta síntesis de los glucósidos flavónicos parece ser que interviene el sistema fitocromo (117).

Este efecto fue también observado por Lindoo y Caldwell (1978) al realizar determinadas investigaciones con Rumex patientia L. sometido a la luz visible más UV-B

y posterior incubación en la oscuridad. Se observó una reducción de la superficie foliar y un incremento en los niveles de antocianos. El tratamiento con rojo cercano impedía los efectos del rojo lejano pero no alteraba la inhibición de crecimiento o el incremento de antocianos producidos por los niveles de UV-B (70).

Jones y Kok (1966) observaron que la radiación entre 230-700 nm producía una fotoinhibición de las reacciones de los cloroplastos, dependiendo de la energía aplicada y del tiempo de irradiación. Experimentos realizados - sugirieron que la plastoquinona es el punto de inhibición de la radiación UV (57,124). La luz visible causa una pérdida de la actividad de los cloroplastos, siendo el Foto-sistema I más sensible que el Fotosistema II (53,54). - - Brandle, CAmpbell, Sisson y Caldwell (1977) indicaron que la radiación UV (UV-B), actúa disminuyendo la fotosínte--sis, sugiriendo que la inhibición por la radiación afectaba sobre todo al Fotosistema II más que al Fotosistema I. Se observó como se reducía la Reacción de Hill y como la radiación UV-B era absorbida por los ácidos nucleicos y - proteínas, llegando a inhibir la fotosíntesis. Parece ser que el daño estructural de los cloroplastos por la acción del UV, coincide con un decrecimiento de la actividad del Fotosistema II. Okada indicó que la radiación a 254 nm - puede inactivar P_{700}^{PSI} , pero en un grado bastante infe--rior que al PSII (18).

La radiación UV puede actuar también sobre los niveles de aminoácidos libres y protéicos en Nicotiana rustica L., como ha podido observarse en numerosos experimentos (7,87,88,91,98). La irradiación de esta especie ha llevado a estudiar las variaciones del contenido del alcaloide principal (nicotina), en las plantas irradiadas con UV-lejano y con UV-cercano, (13,97) así como su crecimiento y desarrollo (6,8,9,10,11).

Lyman (1963), estudió la acción de la radiación UV sobre los ácidos nucleicos, observando su acción a nivel del DNA citoplasmático. Ohyama, Pelcher y Gamborg (1974) determinó el efecto de la radiación UV en los ácidos nucleicos y síntesis proteica, al realizar los experimentos con protoplastos irradiados. La síntesis de RNA y DNA se reducía por la acción del UV, produciéndose al mismo tiempo una inhibición de la síntesis proteica (79). Soyfer y Ciemins (1977) observaron como la cantidad de dímeros de timina en DNA aislado era más elevada que en semillas irradiadas con UV (105). El UV también puede actuar sobre el DNA produciendo rotura de sus cadenas y posterior recombinación produciendo mutaciones (99). Al actuar sobre los ácidos nucleicos el UV ejerce también su acción sobre la síntesis proteica. (54). La acción sobre los ácidos nucleicos síntesis proteica ha sido también ampliamente estudiada con plantas de Nicotiana rustica L. (86,87,89,95,96).

Pero la acción del UV se ejerce también sobre los hongos, observando que el UV-cercano estimula la esporulación en algunas especies. Sin embargo en otros casos la radiación entre 3.100-4.000 Å produce un efecto letal para el micelio. Ramsey y Bailey determinaron que la pigmentación de los conidios protege de la radiación UV. Kosurina (1961) irradió conidios de Aspergillus niger con luz UV (2.537 Å) produciendo una mutación, esta longitud de onda productora de mutaciones varía según la especie utilizada. Curtis (1970) observó como la pérdida de pigmentación en los conidios de Aspergillus carbonarius implicaba una disminución de la resistencia al UV, variando la germinación, después de un tratamiento con UV-cercano, según se tratara de conidios pigmentados o no pigmentados, siendo en estos últimos donde se producía una mayor recuperación (34). Yang (1972) observó la variación en los niveles de aflatoxinas en cultivos de Aspergillus flavus irradiados con UV-lejano y UV-cercano (125).

I.2.4.- Efectos de la Radiación UV sobre la Síntesis de Pigmentos

I.2.4.1.- Clorofilas

Las clorofilas, pigmentos verdes del cloroplasto, son los pigmentos fotosintéticos más importantes de las plantas. En la actualidad se pueden distinguir por lo menos siete tipos de clorofilas: Clorofila a, b, c, d y e, la bacterioclorofila y la bacterioviridina. Las clorofilas

a y b son las más conocidas y más abundantes, encontrándose se en todos los organismos autótrofos excepto en las bacterias pigmentadas. Algunos autores sugieren que la clorofila a es precursor de la b (16). Las otras clorofilas se encuentran sólo en algas y en combinación con la clorofila a: La bacterioclorofila y la bacterioviridina son los pigmentos que se encuentran en las bacterias fotosintetizadoras. (42).

La molécula de clorofila tiene una estructura en ciclo tetrapirrónico con un anillo isocíclico que contiene un átomo de Mg en el centro, unido a uno de los anillos del pirrol se encuentra un alcohol de cadena larga, el fitol. Willstätter y col. (1911), asignaron a esta sustancia la fórmula molecular $C_{55} H_{72} O_6 N_4 Mg$, pero, en 1912 estos mismos autores demostraron que la clorofila es una mezcla de dos compuestos, clorofila a y clorofila b. Los dos compuestos se encuentran en la clorofila natural en la proporción de 3 de a por 1 de b (42). Las clorofilas y sus productos de degradación se separan por cromatografía (27,112).

Las fórmulas moleculares asignadas a las clorofilas a y b son, respectivamente, $C_{55} H_{72} O_5 N_4 Mg$ y $C_{55} H_{70} O_6 N_4 Mg$ (Willstätter, 1913); ambos componentes poseen distintos espectros de absorción (42). Tanto la clorofila a como la b presentan una absorción máxima en la región azul violeta y también una absorción secundaria en la región del rojo. La diferencia entre la clorofila a y b se encuentra en el átomo C_3 . En la clorofila a hay un grupo

metilo unido a este átomo de carbono y en la clorofila b se encuentra un grupo aldehído (35). (FIGURA I-3)

Guillemín (1857) y Stoklasa (1911) sugirieron la acción del UV-cercano en la síntesis de clorofila, aunque sus estudios fueron cualitativos (66). Colla (1967) y Sayre (1928) expusieron plántulas etioladas a la acción del UV-cercano, observando que era ineficaz para la formación de clorofila, pero desde 320-420 nm se producía la síntesis de este pigmento (92). Ogawa y col. (1973) encontraron que el estímulo proporcionado por el UV-cercano estaba en la zona descendente del azul (78). Björn's (1967) - indicó que un tipo de flavina podía estar involucrada en la conversión de protoclorofila a clorofila, pero la estructura del espectro de acción no era suficientemente - preciso para probarlo (15).

Shirley (1945) observó que la luz intensa, especialmente la que contenía radiación UV de forma abundante, podía destruir la clorofila (101). Esta destrucción se de termina por la pérdida de absorbancia a 665 nm (84). Montfort concluyó que las plantas pueden clasificarse por el tipo de pigmentos en: fotoestables y fotolábiles. Pero am bos ecotipos pueden encontrarse en las mismas especies, - por lo que Montfort sugirió que este fenómeno puede tener importancia para determinar la distribución de las plan--tas (66).

El espectro de absorción de clorofila a presenta un máximo de absorción en el UV-cercano, a 325 nm, y otro en el visible a 430 nm. Los pigmentos accesorios pueden absorber en el UV-cercano y esa energía es adecuada para la excitación de la molécula de clorofila (66). Fork y Ames (1970) concluyeron que en la fotooxidación, el aceptor primario de electrones, en la excitación de la bacterio--clorofila de Rhodopseudomonas, es probablemente una quino na con absorción a 360 nm (43). Wu y Myers (1967) sugirieron que la pteridina puede funcionar como un pigmento fotosintético accesorio (122). Usando una variedad de alga, McLeod y Kanwisher (1962) investigaron el rendimiento - cuántico del UV-cercano en el proceso fotosintético (75). Halldal (1967) indicó la eficiencia de la fotosíntesis de las algas en el UV-cercano y también el descenso por debajo de 350 nm (52).

Un incremento de la radiación UV (UV-cercano) puede producir deterioros en el proceso fotosintético. Nasyrov, Abdurachmanova y Geller (1965) y Engashev y col. (1971) encontraron una reducción del 20-25% en la fotosíntesis - de las plantas de elevada altitud. El incremento de la radiación UV inhibía la reacción de Hill y la fotofosforilación al afectar a la forma activa de la clorofila a y al inhibir la asimilación del CO₂. El-Mansy y Salisbury (1974) expusieron hojas de Allium cepa a la acción del UV-lejano (2.537 Å) observando que la baja temperatura induce una - pérdida y rotura de la clorofila a, b y protoclorofila, -

no existiendo fotoreversibilidad (39). Sisson y Caldwell (1975) y Brandle (1975) encontraron que el incremento de las dosis de UV-B (280-320 nm) producían una represión reversible en la fotosíntesis (103). Nuestros conocimientos sobre los efectos de la radiación UV-cercano en los procesos fotosintéticos son mínimos. Se cree que el UV-B y UV-C afectan a varios procesos diferentes. Estos estudios tienen importantes implicaciones ecológicas y también presentan un valor heurístico (66).

I.2.4.2.- Carotenoides

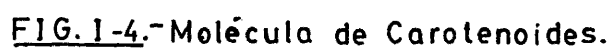
Los carotenoides son pigmentos amarillos anaranjados que se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas y animales. La clorofila se halla siempre asociada a los carotenoides caroteno y luteína; éstos actúan como fotosensibilizadores, en conjunción con la clorofila. Cuando la clorofila está ausente, los carotenoides son los principales responsables del color. Algunos carotenoides son hidrocarburos y se denominan carotenos; otros son derivados oxigenados de los carotenos, recibiendo el nombre de xantofilas. Químicamente, los carotenoides son polienos (octaprenos); casi todos los hidrocarburos carotenoides tienen la fórmula molecular $C_{40}H_{56}$. En la mayoría de los carotenoides, la parte central de la molécula se compone de una larga cadena de enlaces conjugados, que consta de cuatro unidades de isopreno, estando las dos centrales unidas cola a cola. Los extremos de esta cadena

pueden ser dos estructuras de cadena abierta, una estructura de cadena abierta y un anillo, o dos anillos (42) - (FIGURA I-4). Para la separación de los carotenoides se utilizan diversas técnicas cromatográfica (27,112).

Las semillas de las plantas superiores contienen relativamente pequeñas cantidades de carotenoides. En la germinación y crecimiento de las mismas, en ausencia de luz son sintetizados menor cantidad de carotenoides, sin embargo esta biosíntesis es estimulada por la luz, sobre todo en la fracción de los carotenos (120).

Además de su participación como pigmentos accesorios en el proceso de la fotosíntesis, los carotenoides tienen otra función básica que es la protección de la clorofila de la fotooxidación. En bacterias anaerobias no hay requerimiento estricto de los carotenoides para la protección de la clorofila. En los seres aerobios fotoautótrofos, la presencia de carotenoides es vital para el crecimiento autotrófico en la luz (2).

Krinsky (1968) indicó que las longitudes de onda del UV-cercano pueden dañar las porfirinas en las células de las plantas por fotooxidación. Este investigador sugirió que los carotenoides pueden servir como componente protector, siendo reducido a través de los dobles enlaces conjugados (67).



Los hongos al recibir radiación UV presentan determinados efectos morfogénéticos, produciéndose un aumento de carotenoides, aunque para algunos autores este fenómeno se debe a la luz solar (25). En trabajos posteriores De Fabbio, Harding y Shropshire (1976) realizaron experimentos con Neurospora crassa (40), sin embargo, la mayor parte de las investigaciones han sido hechas con seres procariotes y hongos, siendo difícil aplicar las conclusiones a las plantas superiores (66).

I.2.4.3.- Ficobilinas

Las investigaciones más importantes sobre la fotosíntesis de pigmentos han sido realizadas con el rojo o con luz azul, dedicando menor atención a la radiación UV. Las ficobilinas tienen una absorción significativa en el UV-cercano, con un máximo a 360-370 nm y en el caso de la ficoeritrina, una menor absorción a 310 nm (66). Haury y Rogorad (1974) encontraron que la ficoeritrina presentaba un máximo a 410 nm y la ficocianina a 383 nm (53).

I.2.4.4.- Antocianos

Diversos autores observaron el incremento existente del nivel de antocianos en el hipocotilo de semillas que recibían diversas radiaciones (60). Este nivel de antocianos depende de la duración de la irradiación y de la energía total aplicada (69).

Schroeter (1908) y Mirande (1922) observaron que las corolas de las flores de alta montaña presentaban una coloración más intensa que las plantas pertenecientes a zonas de menor altura; estos autores concluyeron que la intensa pigmentación era debida al efecto del UV-cercano. Arthur (1932,1936) trabajando con el epicarpio de manzana, indicó que la síntesis de antocianos era promovida por las longitudes de onda del espectro visible, extendiéndose desde el azul a la región del naranja (620 nm). Otros autores sugirieron que la riboflavina ejercía un control sobre la síntesis de antocianos (66).

Wellman (1971) y Wellman y Baron (1974) trabajando con una suspensión celular de Petroselinum hortense, encontraron que el efecto positivo de la radiación UV en la síntesis de antocianos era a 300 nm o por debajo de esta longitud de onda, sugiriendo que la potenciación era causada por una fotoactivación de fenilamonio-liasa y otras enzimas de importancia en la biosíntesis de los antocianos (117). Bancroft (1943) indicó que en la síntesis de antocianos, el UV se requiere en el estado flavónico, pero no es necesario en el estado leuco-antociánico. Posteriores autores indicaron que el UV-cercano puede activar la biosíntesis de los antocianos (66).

1.3.- FOTO-REACTIVACION DE LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR LA RADIACION UV

Dentro del espectro electromagnético solar a que se ven expuestos los seres vivos se encuentra la luz visible, observándose que la luz visible de corta longitud de onda (luz azul) puede participar en los procesos de recuperación de los daños provocados por el UV-lejano, e incluso por otro tipo de radiación (rayos infrarrojos, rayos X, rayos gamma) (61,119).

Kelner (1949) observó que los conidios de Streptomyces griseus y células de Bacterium coli sobrevivían y crecían al ser expuestos a la luz visible después de irradiarlos con UV-lejano. Este fenómeno se denominó Foto-reactivación (PR), siendo posteriormente estudiado por numerosos investigadores (12). La foto-reactivación involucra la actividad de un enzima, que induce a los ácidos nucleicos a restaurar su normal funcionamiento. Harun, Rupert y Harun (1971) definieron PR como una reducción en la respuesta de los sistemas biológicos frente al UV-lejano, como resultado de un tratamiento concomitante o posterior a dicha radiación (66).

La foto-reactivación ha sido observada en algas, hongos y plantas vasculares. Así Van Paalen (1968) observó los efectos de la irradiación UV (254 nm) en un alga azul Azmenellum quadrunlicatum, con posterior foto-reactivación cerca de 430 nm, produciéndose un incremento de

la supervivencia y de la actividad fotosintética (114).- Bhattachayee (1978) sugirió, como resultado de los trabajos realizados con Anacystis nidulans, a una proteína, - inestable en la luz, como responsable de la resistencia - frente a la radiación UV (14).

La irradiación con UV-lejano puede dañar diversos procesos de las plantas, siendo restaurados posteriormente por la foto-reactivación. De esta forma la luz visible puede prevenir los efectos letales de la radiación ultravioleta en organismos pluricelulares (12). Tanada y Hendricks (1953) observaron como las hojas de soja irradiadas con UV-lejano (2.537 Å) experimentaban una disminución de clorofila, pero si a esta irradiación le seguían un tratamiento con luz visible no se producía esta pérdida de clorofila (108).

Owen (1957) observó que las hojas de tabaco expuestas a radiación UV (2.537 Å) alteraba los niveles de respiración, produciéndose una recuperación al exponerlas posteriormente a la acción de la luz visible (80). Más tarde (1973), Andersen y Kasperbauer, observaron un incremento en los niveles de ácido clorogénico, fenoles, alcaloides y otros compuestos en las hojas de Nicotiana tabacum irradiadas con UV-cercano (300-400 nm) con aplicación simultánea de la luz visible (3).

La foto-reactivación también ha sido estudiada en granos de polen por Ikenaga y Mabuchi (1966). Estos granos de polen eran irradiados con UV y rayos gamma, observando que disminuía la frecuencia de las mutaciones del endospermo al ser tratados posteriormente con luz visible (56). En algunos experimentos los efectos de la radiación UV han sido contrarrestados no sólo por la luz visible si no también por sustancias como el tetracetato de etilendiamino (110).

La foto-reactivación, por consiguiente, es una de las posibles adaptaciones protectoras contra la radiación UV de las plantas. La significación de la foto-reversión es todavía desconocida, pero el efecto tiene gran importancia (33). Además del fenómeno de foto-reactivación, los efectos producidos por el UV-lejano pueden ser modificados por una pre-irradiación, este fenómeno se denominó Foto-protección (PP). La reducción de la capacidad de crecimiento observada en las plantas expuestas a la luz continua puede tener una base fotoquímica y el crecimiento nocturno de las plantas alpinas puede también ser debido a este fenómeno. La presencia en la radiación solar de longitudes de onda fotoprotectoras y foto-reactivadoras pueden inducir a las plantas a responder con un mecanismo protector que reduce la letalidad y mutaciones en las mismas (66).

II) OBJETO DEL TRABAJO

II) O B J E T O D E L T R A B A J O

La importancia de la luz solar en el proceso foto sintético de los vegetales ha sido estudiado ampliamente por numerosos autores. Dentro del espectro solar existe una zona, comprendida entre 4.000-100 Å, que es la Región del UV. Las acciones de la radiación UV son muy diferentes según la longitud de onda empleada, pudiendo ser lesivo o perjudicial, en un caso, o estimulante, en otro; aun que uno de los factores que influyen en su acción, es el tiempo de exposición al mismo, así como la intensidad de la radiación.

Conocidas son las aplicaciones del UV-lejano o germicida (200-280 nm) en el campo farmacéutico, basándose en sus propiedades. Esta radiación, cualquiera que sea la dosis aplicada, produce acción lesiva sobre los microorganismos al actuar sobre los ácidos nucleicos de los mismos. Sobre el Reino Vegetal, el UV-lejano posee un carácter lesivo y a veces letal, dependiendo de la dosis, al presentar los vegetales una inadaptación frente a dicha radiación. La inadaptación frente al UV-lejano propia de las plantas, es consecuencia de la filtración natural de esta radiación que se produce en la atmósfera por la capa de ozono y otros factores, impidiendo que esas longitudes de onda lesivas lleguen a la superficie terrestre.

Para el UV-cercano (300-400 nm) los vegetales presentan unos filtros celulares, seleccionando las longitudes de onda necesarias para el normal desarrollo de sus procesos autotróficos. Además las plantas presentan una adaptación frente a estas longitudes de onda, al recibir las procedentes de la luz solar.

En los experimentos realizados las plantas se expusieron directamente a la radiación UV-cercano, en unos casos, o se utilizaron filtros en otros. Pero en todos los casos, los efectos producidos estaban en función del tiempo de exposición, sobre todo si no existía una selección de las longitudes de onda adecuadas como ocurre en la Naturaleza por parte de la capa de ozono. Por estas circunstancias, existen diversidad de criterios sobre las acciones estimulantes, lesivas o inocuas del UV-cercano, al estar en función del tiempo de exposición, si la radiación incide directamente sobre las plantas.

Nuestro trabajo ha seguido la línea de investigación de los Departamentos de Fisiología Vegetal de la Facultad de Farmacia de Barcelona (Dirigida por el Prof. M. Serrano García) y de Madrid (Dirigida por el Prof. J. Barceló Coll). En ellos se estudian los diversos efectos que la radiación UV produce sobre una especie de Dicotiledónea, Nicotiana rustica L., no sólo sobre el crecimiento sino también sobre los niveles de aminoácidos, proteínas, alcaloides, pigmentos y ácidos nucleicos (6,7,8,9,10,11,86, 87,88,89,95,96,97,98).

Los trabajos realizados anteriormente con el UV-lejano y UV-cercano, de forma independiente, sobre la especie de Dicotiledónea, Nicotiana rustica L. sugirieron - la idea de estudiar los efectos producidos por estas radiaciones, al actuar de forma simultánea sobre la especie anterior y sobre otra especie de Monocotiledónea escogida, el Hordeum distichon L. De esta forma se podía estudiar - comparativamente las acciones que se producen sobre una - especie de planta Monocotiledónea y otra Dicotiledónea, - aunque, naturalmente, los resultados obtenidos no eran ~~ex~~ extensibles a los dos grandes grupos de plantas, sino referidos sólo a las especies utilizadas.

Por esta razón, el objeto de nuestro trabajo ha - sido estudiar los efectos producidos por la acción del - UV-lejano, por un lado y por el UV-lejano seguido de UV--cercano sobre Nicotiana rustica L. y Hordeum distichon L. Al conocer los efectos lesivos de distintas dosis del UV-lejano sobre las plantas, se quiso conocer si suministrando posteriormente una dosis fija de UV-cercano, se producía la recuperación observada en experimentos anteriores, cuando sólo se suministraba UV-cercano. De esta forma, se intentaba estudiar cual de las dosis de UV-lejano ofrecía una mejor recuperación por el UV-cercano, y en que grado se producía ésta. También se quiso observar si la recuperación de aquellas plantas que en un principio recibieron radiaciones con UV-lejano, era mayor, igual o menor que - los lotes de plantas que seguían recibiendo dosis de UV--cercano.

Los efectos producidos por la radiación UV (UV-lejano y UV-lejano + UV-cercano) en las plantas irradiadas, se observaron con el estudio del crecimiento y desarrollo de las mismas y los niveles de pigmentos liposolubles, al presentar una gran importancia en el normal funcionamiento del proceso fotosintético de los vegetales.

III) M A T E R I A L E S Y M E T O D O S

III) M A T E R I A L E S Y M E T O D O S

III.1.- CONDICIONES DEL CULTIVO Y TIPOS DE IRRADIACION.

Como material de experimentación se han utilizado las siguientes especies de plantas: NICOTIANA RUSTICA L. y HORDEUM DISTICHON L.

III.1.1.- Nicotiana rustica L., Sp. Pl. 180 (1753)

Planta Dicotiledónea perteneciente a la Tribu Ges-
treae, Familia Solanaceae; sus especies contienen el alca-
loide líquido "nicotina" de grandes aplicaciones medicina-
les. La especie empleada, presenta hojas pecioladas cu-
biertas de pelos glandulosos, y flores amarillo-verdosas.

Las semillas fueron suministradas por el Laborato-
rio de la Cátedra. Para su siembra se empleó tierra proce-
dente de Prádena (Segovia), previamente homogeneizada y -
dispuesta en jardineras de 30 x 30 cm.

La siembra se realizó en superficie previo riego
de cada una de las macetas de experimentación, colocándo-
las a continuación en la habitación destinada al cultivo.
Cada una de las jardineras fue sometida a un riego perió-
dico y uniforme.

La fuente de irradiación utilizada fue una panta-
lla de 57 x 57 cms. en la que fueron situados cinco tubos
"germicidas", de la firma EYE (G15T8) (Japan), cuyo máxi-
mo de emisión era de 2.537 Å, a la distancia inicial de -

111

40 cm de la superficie superior de las jardineras.

Antes de iniciar la irradiación se hicieron comprobaciones instrumentales para ver la energía radiante - de dichos tubos, observando que oscila entre 70.000 y - - 3.800 erg/cm²/seg, siendo para la distancia inicial de - irradiación, 40 cms, de 12.800 erg/cm²/seg.

Se dispuso adicionalmente, de otra fuente de irradiación ultravioleta (cercano) procedente de otra pantalla de 63 x 63 cms en que se hallaban situados cinco tubos Sylvania (F20T12-BLB) (Black)lite Blue-USA) de la llamada luz negra, con máximo de emisión a 3.550 Å.

La comprobación de energía se realizó de modo similar al usado para el ultravioleta lejano, oscilando las energías de emisión entre 25.000 y 2.000 erg/cm²/seg. La energía correspondiente a la distancia inicial de irradiación, 40 cm. resultó ser de 8.800 erg/cm²/seg.

Las intensidades de luz ultravioleta que recibieron las plantas fueron medidas con los aparatos del modelo J-225 (radiación lesiva) y J-221 (radiación de luz negra) del Plak-Ray-Ultraviolet intensity Meter.

Para mantener la energía recibida por las plantas, se fue variando la distancia de las jardineras a los tubos conforme aumentaba el crecimiento de aquéllas, con lo que se mantuviera la distancia de 40 cm elegida inicialmente.

Las semillas de Nicotiana rustica L. fueron sembradas el día 14 de Febrero de 1977, quedando, a partir de -

ese momento expuestas a las condiciones ambientales que se indican en la TABLA III-1.

TABLA III-1.

Condiciones de Temperatura y Humedad medias de la experiencia con Nicotiana rustica L.

MES	TEMPERATURA MAXIMA	TEMPERATURA MINIMA	HUMEDAD
Febrero	19,3°C	8,2°C	56,0%
Marzo	20,7°C	9,1°C	53,7%
Abril	23,6°C	12,4°C	56,2%
Mayo	25,2°C	15,4°C	60,8%
Junio	30,4°C	17,8°C	53,4%
Julio	32,9°C	21,3°C	45,8%

Se dispuso de siete lotes de plantas, con tres -
jardineras cada uno: un lote Control que no recibió trata-
miento alguno (C); tres lotes tratados diariamente con -
UV-lejano durante: 1 minuto ($UV_L - 1 \text{ min}$), 2 minutos ($UV_L - 2 \text{ min}$) y 4 minutos ($UV_L - 4 \text{ min}$). Los tres lotes restantes
fueron tratados diariamente con UV-lejano seguido de UV--
cercano durante los siguientes períodos de tiempo: (1+10)
minutos [$UV_{L+C} - (1+10) \text{ min}$] ; (2+10) minutos [$UV_{L+C} - (2+10) \text{ min}$]
y (4+10) minutos [$UV_{L+C} - (4+10) \text{ min}$] , respectivamente.

4?

El tratamiento con UV comenzó al día siguiente de la siembra. De los lotes tratados solamente con UV-lejano, se interrumpió la irradiación cuando las plantas irradiadas fueron afectadas de forma intensa. La TABLA III-2, indica los tiempos totales de irradiación, con UV-lejano, - recibido por cada lote tratado en el momento de la toma - de muestra.

En aquellos lotes que además de UV-lejano se les suministró UV-cercano, sólo se interrumpió la irradiación con UV-lejano, continuando con UV-cercano hasta el final del ciclo vegetativo de las plantas. La TABLA III-3, indica los tiempos totales de irradiación con UV-lejano + UV-cercano recibido por cada lote tratado en el momento de - tomar las muestras.

TABLA III-2

Tiempos Totales de Irradiación UV-lejano (UV_L), expresado en minutos, para cada uno de los lotes de plantas de Nicotiana rustica L.

MUESTRAS	$UV_lejano (UV_L)$		
	$UV_L - 1 \text{ min}$	$UV_L - 2 \text{ min}$	$UV_L - 4 \text{ min}$
1ª	28	56	112
2ª	35	70	136*
3ª	42	84	136*
4ª	49	98	136*
5ª	56	112	136*
6ª	63	126	136*
7ª	70	140*	136*
8ª	77	140*	136*
9ª	84	140*	136*
10ª	91	140*	136*
11ª	98	140*	136*
12ª	105	140*	136*
13ª	119	140*	136*
14ª	133	140*	136*
15ª	147*	140*	136*

*A partir de este momento fue suspendida la irradiación - con UV-lejano en cada uno de los lotes de Nicotiana rustica L. indicados, por la gravedad de las lesiones sufridas

45

TARLA III-3

Tiempos Totales de Irradiación con UV-lejano+ UV-cercano (UV_{L+C}), expresado en minutos, para cada uno de los lotes de plantas de Nicotiana rustica L.

MUESTRAS	UV - lejano + cercano (UV_{L+C})		
	$UV_{L+C}-(1+10)$	$UV_{L+C}-(2+10)$	$UV_{L+C}-(4+10)$
1ª	28 + 280	56 + 280	112 + 280
2ª	35 + 350	70 + 350	136 + 350*
3ª	42 + 420	84 + 420	136 + 420*
4ª	49 + 490	98 + 490	136 + 490*
5ª	56 + 560	112 + 560	136 + 560*
6ª	63 + 630	126 + 630	136 + 630*
7ª	70 + 700	140 + 700*	136 + 700*
8ª	77 + 770	140 + 770*	136 + 770*
9ª	84 + 840	140 + 840*	136 + 840*
10ª	91 + 910	140 + 910*	136 + 910*
11ª	98 + 980	140 + 980*	136 + 980*
12ª	105 + 1050	140 + 1050*	136 + 1050*
13ª	119 + 1190	140 + 1190*	136 + 1190*
14ª	133 + 1330	140 + 1330*	136 + 1330*
15ª	147 + 1470*	140 + 1470*	136 + 1470*

A partir de este momento fue suspendida la irradiación con UV-lejano en cada uno de los lotes de N. rustica L. indicados, manteniendo el tratamiento con UV-cercano, por la gravedad de las lesiones sufridas.

En algunas de las jardineras de los lotes tratados con UV-lejano, se interrumpió la irradiación, como se indicó anteriormente, cuando las plantas alcanzaron un al to grado en sus lesiones, continuando con el tratamiento hasta la muerte en el resto de ella; ésto se hizo con el fin de conocer la dosis letal para cada uno de los tiempos 1, 2 y 4 minutos en los lotes tratados con UV-lejano. La TABLA III-4 indica los tiempos letales con UV-lejano, expresados en minutos, y edad de las plantas en días, para cada uno de los lotes tratados. En aquellas jardineras en las cuales se interrumpió la irradiación con UV, se pudo observar la recuperación de las plantas que habían sido irradiadas casi hasta la muerte.

Por otro lado, en aquellos lotes tratados con UV-lejano + UV-cercano se interrumpió la irradiación, en al gunas jardineras sólo con UV-lejano, continuando el tratamiento con UV-cercano hasta el final de la experiencia, con el fin de conocer los efectos ejercidos sobre las plantas por la dosis suplementaria de UV-cercano. En aque llas jardineras tratadas hasta la muerte con UV-lejano + UV-cercano se pudo observar los efectos producidos por el suministro conjunto de ambas radiaciones. La TABLA III-5 indica los tiempos letales de irradiación con UV-lejano + UV-cercano, expresados en minutos, y edad de las plantas en días, para cada uno de los lotes tratados.

47

TABLA III-4

Tiempos letales de irradiación con UV-lejano (UV_L), expresado en minutos, y edad de las plantas en días, para cada uno de los lotes de Nicotiana rustica L.

LOTES	TIEMPO LETAL	EDAD (días)
UV_L - 1 min.	159	172
UV_L - 2 min.	160	93
UV_L - 4 min.	220	64

TABLA III-5

Tiempos letales de irradiación con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}), expresado en minutos, y edad de las plantas en días, para cada uno de los lotes de Nicotiana rustica L.

LOTES	TIEMPO LETAL	EDAD (días)
UV_{L+C} -(1+10)min	154+1540	166
UV_{L+C} -(2+10)min	180+ 900	105
UV_{L+C} -(4+10)min	200+ 500	56

III.1.2.- Hordeum distichon L., Sp. Pl. 85 (1753)

Planta Monocotiledónea, perteneciente al Orden Gu
miflorae, Familia Graminae. La especie empleada es la ce-
bada de "dos carreras", denominada vulgarmente "tremesina"
por la amplitud de su ciclo vegetativo, que abarca los me-
ses de Febrero a Junio. (Los datos botánicos fueron aporta-
dos por el Pfof. Dr. Ladero, a quien agradecemos su favo-
rable acogida.)

Las semillas se obtuvieron de la cosecha de 1977.
El poder germinativo de las mismas se determinó utilizan-
do un número elevado de semillas, partidas por la mitad,-
y cubriéndolas con una solución de cloruro, 2,3,5 trife--
nil tetrazolium, presentando un poder germinativo de 92%,
dato en el cual nos basamos para la siembra de un número
determinado de semillas.

Para su siembra se empleó tierra procedente de --
Prádena (Segovia) previamente homogeneizada y dispuesta --
en unas jardineras de 30 x 30 cm. Las condiciones de cul-
tivo para H. distichon L., fueron similares a las manteni-
das para N. rustica L., con el fin de poder estudiar com-
parativamente las respuestas frente al tratamiento al que
fueron sometidas cada una de las especies utilizadas en --
la experiencia. Las jardineras fueron sometidas a un rie-
go periódico y uniforme. La siembra se realizó previo rie-
go de cada una de las jardineras, con una profundidad --
aproximada de 2 cm.

La fuente de irradiación, para el UV-lejano y UV-cercano utilizada, así como las características de los tubos empleados para la experiencia con H. distichon L., fueron las mismas que para N. rustica L.

Para mantener constante la energía recibida por las plantas de H. distichon L., de igual forma que se hizo para la especie de Dicotiledónea, se fue variando la distancia de las jardineras al foco emisor de la radiación, conforme aumentaba el crecimiento de aquéllas, manteniendo constante la distancia de 40 cm elegida inicialmente.

Las semillas de H. distichon L. fueron sembradas el día 7 de Febrero de 1978, quedando, a partir de ese momento expuestas a las condiciones ambientales de Humedad y de Temperatura que se indican en la TABLA III-6

TABLA III-6

Condiciones de Temperatura y Humedad medias de la experiencia con Hordeum distichon L.

MES	TEMPERATURA MAXIMA	TEMPERATURA MINIMA	HUMEDAD
Febrero	24,3°C	20,4 C	59,1 %
Marzo	24,3°C	26,6°C	51,6 %
Abril	18,8°C	17,0°C	70,8 %
Mayo	18,7°C	17,4°C	74,4 %
Junio	20,8°C	19,3°C	69,7 %

Se dispuso de siete lotes de plantas, de dos jardineras cada uno: un lote Control, (C) que no recibió tratamiento alguno; tres lotes irradiados diariamente con UV-lejano durante: 1 minuto ($UV_L-1 \text{ min}$), 2 minutos ($UV_L-2 \text{ min}$) y 4 minutos ($UV_L-4 \text{ min}$). Los tres lotes restantes, además de UV-lejano, recibieron un tratamiento adicional, diario, de UV-cercano durante los siguientes períodos de tiempo: - (1±10) minutos [$UV_{L+C}-(1±10) \text{ min}$]; (2±10) minutos $\frac{1}{2}$ - - [$UV_{L+C}-(2±10) \text{ min}$] y (4±10) minutos [$UV_{L+C}-(4±10) \text{ min}$] , - respectivamente.

El tratamiento con UV comenzó al día siguiente de la siembra, continuando diariamente con la irradiación - hasta un límite cercano a la letalidad, donde pudo exis--

tir todavía una recuperación por parte de la planta.

Las TABLAS III-7 y III-8 indican los tiempos totales de irradiación con UV-lejano y UV-lejano+UV-cercano, respectivamente, recibido por cada lote tratado en el momento de la toma de cada muestra.

De igual forma que se hizo con las experiencias de la planta Dicotiledónea (N. rustica L.), en H. distichon L. se destinaron unas jardineras para continuar suministrando dosis de UV-lejano, en un caso, y dosis de UV-lejano + cercano, en otro, hasta la muerte, para poder ver, de esta forma, los efectos producidos por los distintos tiempos de irradiación con UV en la especie de Monocotiledónea, H. distichon L. utilizada en la experiencia.

Simultáneamente se destinaron unas jardineras para ver los efectos de recuperación de la Gramínea al interrumpir la radiación con UV-lejano en las cercanías de la muerte y otras, para poder observar los efectos producidos por la dosis continuada de UV-cercano, previa interrupción de la irradiación con UV-lejano.

De este modo se pudo estudiar los efectos letales de UV-lejano, por un lado, y los mismos efectos debido al tratamiento conjunto de UV-lejano + UV-cercano por otro.- También se pudo observar la respuesta de aquellas plantas a las que se les privó de todo tipo de irradiación con UV y aquéllas a las que sólo se eliminó el tratamiento con UV-lejano, continuando el suministro con UV-cercano hasta el final de la experiencia.

52

TABLA III-7

Tiempos totales de Irradiación con UV-lejano (UV_L), expresado en minutos, para cada uno de los lotes de plantas de Hordeum distichon L.

MUESTRAS	UV-lejano (UV_L)		
	UV_L -1 min	UV_L -2 min	UV_L -4 min
1ª	10	20	40
2ª	16	32	64*
3ª	22	44*	64
4ª	28	44	64
5ª	34*	44	64
6ª	34	44	64
7ª	34	44	64
8ª	34	44	64
9ª	34	44	64
10ª	34	44	64
11ª	34	44	64
12ª	34	44	64
13ª	34	44	64
14ª	34	44	64
15ª	34	44	64

*A partir de este momento fue suspendida la irradiación - con UV-lejano en cada uno de los lotes de H. distichon L. por la gravedad de las lesiones sufridas.

TABLA III-8

Tiempos Totales de Irradiación con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}) expresado en minutos, para cada uno de los lotes de plantas de Hordeum distichon L.

MUESTRAS	UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C})		
	$UV_{L+C}-(1+10)$	$UV_{L+C}-(2+10)$	$UV_{L+C}-(4+10)$
1ª	10 + 100	20 + 100	40 + 60
2ª	16 + 160	32 + 160	64 + 160*
3ª	22 + 220	44 + 220*	64 + 220
4ª	28 + 280	44 + 280	64 + 280
5ª	34 + 340*	44 + 340	64 + 340
6ª	34 + 450	44 + 450	64 + 450
7ª	34 + 510	44 + 510	64 + 510
8ª	34 + 570	44 + 570	64 + 570
9ª	34 + 630	44 + 630	64 + 630
10ª	34 + 690	44 + 690	64 + 690
11ª	34 + 750	44 + 750	64 + 750
12ª	34 + 870	44 + 870	64 + 870
13ª	34 + 930	44 + 930	64 + 930
14ª	34 + 990	44 + 990	64 + 990
15ª	34 + 1090	44 + 1090	64 + 1090

* A partir de este momento fue suspendida la irradiación - con UV-lejano en cada uno de los lotes de H. distichon L. indicados, manteniendo el tratamiento con UV-cercano, por la gravedad de las lesiones sufridas.

54

III.2.- TOMA DE MUESTRAS

Para la toma de muestras en las especies objeto - del trabajo, se procedía a la elección de las plantas más representativas de cada uno de los lotes.

El número de plantas elegido varió conforme aumentó el crecimiento de las mismas, y la importancia de las lesiones producidas por la radiación UV.

Primeramente se procedió a la medición de la parte aérea de la planta de cada uno de los lotes, desestimándose la raíz por la dificultad de extracción y por tener menor importancia para las determinaciones objeto de nuestro estudio. Los valores obtenidos representan la media de varias determinaciones independientes.

Seguidamente se pesaron las plantas en pocitos pesasustancias, previamente tarados, de esta forma se obtuvo el peso fresco de las mismas en cada uno de los casos, previamente a las determinaciones analíticas posteriores.

Simultáneamente se tomó otra seriación de plantas de características similares e igual peso fresco que fueron llevadas a estufa a 105°C hasta peso constante, con el fin de obtener el peso seco de cada uno de los lotes, dato de gran importancia para la determinación de porcentajes.

La primera muestra se tomó a los 32 días de siembra para Nicotiana rustica L. y a los 10 días para Hordeum distichon L., el resto de las muestras se tomaron semanal

mente, al principio y con un intervalo de quince días al final de la experiencia, siempre en el mismo día de la semana, después de suministrar las dosis de UV-lejano a cada lote correspondiente y de UV-lejano + UV-cercano al resto de las jardineras. La toma de muestras se realizó previamente al riego de las plantas.

Las muestras se distribuyeron a lo largo de todo el ciclo vegetativo de las plantas, al final del cual se obtuvieron 15 muestras para cada una de las especies objeto de estudio. Se igualó el número de muestras de ambas especies, con el fin de obtener datos comparativos.

La TABLA III-9 indica la fecha de toma de muestras y la edad correspondiente de la planta, expresada en días para Nicotiana rustica L. De igual forma la TABLA III-10, señala la fecha de toma de muestras y la edad correspondiente del Hordeum distichon L., expresado en días.

56

TABLA III-9

Fecha de toma de muestras, y edad de la planta, expresada en días para Nicotiana rustica L.

Muestras	Fecha	Edad (días)
1ª	18-3-77	32
2ª	25-3-77	39
3ª	2-4-77	46
4ª	9-4-77	53
5ª	16-4-77	60
6ª	23-4-77	67
7ª	30-4-77	74
8ª	7-5-77	81
9ª	14-5-77	88
10ª	21-5-77	95
11ª	28-5-77	102
12ª	4-6-77	109
13ª	18-6-77	123
14ª	2-7-77	137
15ª	16-7-77	141

TABLA III-10

Fecha de Toma de Muestras, y edad de la planta, expresada en días, para Hordeum distichon L.

Muestras	Fecha	Edad (días)
1ª	17-2-78	10
2ª	24-2-78	17
3ª	3-3-78	24
4ª	10-3-78	31
5ª	17-3-78	38
6ª	30-3-78	51
7ª	7-4-78	59
8ª	14-4-78	66
9ª	21-4-78	73
10ª	28-4-78	80
11ª	5-5-78	87
12ª	19-5-78	101
13ª	26-5-78	108
14ª	2-6-78	115
15ª	15-6-78	128

58

III.3.- DETERMINACIONES ANALITICAS

Las determinaciones se realizaron con la parte - aérea de las plantas, debido a la dificultad de extracción de las raíces y de la escasa importancia que éstas tenían para nuestras determinaciones, como se indicó anteriormente.

Los valores determinados, en cada una de las especies estudiadas, fueron los siguientes: crecimiento longitudinal, peso fresco, peso seco, contenido de pigmentos - liposolubles.

III. 3.1.- Determinación de Peso Fresco y Peso Seco:

Como ya se expresó anteriormente, el número de plantas que se usaron varió conforme fue aumentando el crecimiento de las plantas y el estado en que se encontraron - después de suministrar la radiación UV. Para Nicotiana -- rustica L. por su pequeño tamaño, se tomaron en un principio, un número elevado de plantas; sin embargo el rápido crecimiento de Hordeum distichon L., hizo que el número de plantas utilizadas en las primeras muestras, fuera menor que en el caso de la Dicotiledónea (N. rustica L.) - utilizada.

Después de determinar la longitud de las plantas - correspondientes a cada uno de los lotes, se introdujeron en pocitos pesasustancias, previamente tarados y conservados en desecador para evitar la humedad ambiental. Segui-

damente fueron pesados en balanza eléctrica (Oertling) - para la obtención del Peso Fresco. Este valor se dividió por el número de plantas utilizadas determinando el Peso Fresco por Planta.

El Peso Seco se obtuvo, tomando otra seriación de plantas y partiendo del mismo peso fresco para cada uno de los lotes. Fueron llevados a estufa y desecados a 105°C hasta peso constante.

III.3.2.- Contenido de Pigmentos Liposolubles:

III.3.2.1- Determinación espectrofotométrica de Clorofila Total y Clorofilas a y b.

La determinación de clorofilas en las plantas depende fundamentalmente de dos operaciones: la completa extracción de los pigmentos del material utilizado y la medida de los pigmentos contenidos en el extracto.

Han sido propuestos numerosos métodos para la determinación de clorofilas basados en distintos procedimientos: colorimetría, espectrofotometría, fluorometría.. etc, sin duda alguna, el más conveniente para la determinación conjunta de ambas clorofilas es el Método espectrofotométrico, utilizados por COMAR Y ZSCHEILE (1942) y COMAR (1942) para el análisis de clorofilas a y b, siguiendo el método de MAGKINNEY.

Para el cálculo de las concentraciones de clorofila a y b, COMAR Y ZSCHEILE utilizaron las densidades ópticas medidas a 660 nm y 642 nm. A partir de ellas podían determinar también el contenido de clorofila total, conociendo la densidad óptica a 600 nm. A partir de los coeficientes de absorción específica de las clorofilas a y b - para las distintas longitudes de onda, se pueden calcular las concentraciones de clorofila total, clorofila a y clorofila b según las ecuaciones derivadas de esas constantes:

$$\text{Clorofila Total (mg/l)} = 7,12 \log \left[\frac{I_0}{I} \right]_{660} + 16,8 \log \left[\frac{I_0}{I} \right]_{642}$$

$$\text{Clorofila } \underline{a} \text{ (mg/l)} = 9,93 \log \left[\frac{I_0}{I} \right]_{660} - 0,77 \log \left[\frac{I_0}{I} \right]_{642}$$

$$\text{Clorofila } \underline{b} \text{ (mg/l)} = 17,6 \log \left[\frac{I_0}{I} \right]_{642} - 2,81 \log \left[\frac{I_0}{I} \right]_{660}$$

De las medidas de los coeficientes de absorción específicos en éter, los autores encontraron para la determinación de clorofilas a y b:

$$D_{662} = 100,9 C_a + 6,2 C_b$$

$$D_{644} = 15,8 C_a + 62,0 C_b$$

Las concentraciones de clorofila a (C_a) y clorofila b (C_b) se pueden obtener de las ecuaciones:

61

$$C_a (\text{gm/l}) = 0,0101 D_{662} - 0,00101 D_{664}$$

$$C_b (\text{gm/l}) = 0,0164 D_{644} - 0,00257 D_{662}$$

Si existieran productos de descomposición de las clorofilas los valores obtenidos pueden ser erróneos.

MACKINNEY (1941) desarrolló un método, el cual no era necesario transferir el extracto de clorofila a éter, sino que podía ser medido directamente en acetona. De las constantes obtenidas con muestras puras de clorofilas obtuvo ecuaciones para el conocimiento de las concentraciones de este pigmento, expresado en mg/l.

$$\text{Log} \left[\frac{I_0}{I} \right]_{663} = 82,04 C_a + 9,27 C_b$$

$$\text{Log} \left[\frac{I_0}{I} \right]_{645} = 16,75 C_a + 45,6 C_b$$

MACKINNEY ha dado valores para los coeficientes de absorción específica de las clorofilas a y b en acetona al 80% a las longitudes de onda utilizadas (104).

En este trabajo para la extracción y determinación de las clorofilas siguió el Método de ARNON Y MACKINNEY - (4) y (73). La extracción se realizó homogeneizando las plantas con acetona al 80%. Esta operación finalizaba con la total extracción de los pigmentos y decoloración de la planta. El extracto es llevado hasta un volumen determinado, efectuando las lecturas en las longitudes de onda siguientes: 663 nm y 645 nm, en cubetas de 1 cm. El modelo de espectrofotómetro empleado fue un Beckman DBG.T.

62

Estas operaciones fueron realizadas en un mínimo - de tiempo y al abrigo de la luz para evitar posibles oxidaciones.

Para calcular las cantidades de clorofilas, se aplican las fórmulas dadas por ARNON, basadas en los trabajos de MACKINNEY:

$$\text{Clorofila Total} = 20,2 A_{645} + 8,02 A_{663} \quad \text{mg/l}$$

$$\text{Clorofila } a = 12,7 A_{663} - 2,7 A_{645} \quad \text{mg/l}$$

$$\text{Clorofila } b = 22,9 A_{645} - 4,7 A_{663} \quad \text{mg/l}$$

Siendo: A_{663} = Absorbancia a 663 nm

A_{645} = Absorbancia a 645 nm

III.3.2.2 Determinación espectrofotométrica de Carotenoides Totales

Basándose en las propiedades de solubilidad e insolubilidad de los carotenoides en los distintos solventes orgánicos, puede realizarse la separación y posterior - - identificación de los mismos por diversas técnicas (104).

Nosotros para la determinación de este tipo de pigmentos seguimos el Método de JASPARS (57), el cual deduce el contenido de carotenoides totales y no los distintos - tipos de ellos.

63

Para ello se basa en las densidades ópticas a 45 nm del extracto acetónico obtenido y en los valores de clorofila a y clorofila b. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Carotenoides Totales} = 4,07 A_{450} - 0,0435 C_a - 0,357 C_b \text{ mg/l}$$

Siendo: A_{450} = Absorbancia a 450 nm

C_a = Cantidad de clorofila a mg/l

C_b = Cantidad de clorofila b mg/l

IV) RESULTADOS

IV) R E S U L T A D O SIV.1.- NICOTIANA RUSTICA L., Sp. Pl. 180 (1753)IV.1.1.- Crecimiento y Desarrollo de las Plantas.

Los lotes Control y los lotes UV₁-1 minuto y - - UV_{L+C}-(1±10) minutos comenzaron a germinar a los tres días de la siembra. Al cabo de una semana habían germinado todas las plantas de N.rusticaL. excepto los tratados con - UV-lejano durante 4 minutos (UV₁- 4 min.), que lo hicieron en una proporción ínfima.

El crecimiento continuó de una forma regular en todos los lotes, siendo mayor en Control, UV₁- 1 min. y - - UV_{L+C}-(1±10) minutos. Los que presentaron un menor crecimiento fueron los lotes irradiados con UV-lejano diariamente durante 4 minutos y también los que además de recibir este tratamiento, les fue suministrado una dosis diaria, de 10 minutos con UV-cercano. Esto induce que el daño causado por las radiaciones durante los primeros días de crecimiento no era mortal.

A los 11 días de la siembra, la germinación había finalizado en todos los lotes a excepción de UV_L-4 minutos y UV_{L+C}-(4±10) minutos.

El crecimiento longitudinal de las plántulas de - N.rustica L., fue disminuyendo conforme aumentó el tiempo de exposición a las radiaciones UV. Simultáneamente fue observada una disminución de la superficie foliar y curvatura de las hojas pertenecientes a las plántulas tratadas con UV-lejano, durante 4 minutos, aspecto que no comenzó

a manifestarse en el resto de los lotes hasta 16 días más tarde.

A los 12 días de tratamiento diario con UV-lejano y con UV-lejano seguido de UV-cercano, comenzó a observarse en las plántulas de N.rustica L. pertenecientes a los lotes UV_L- 4 minutos y UV_{L+C}- (4+10) minutos, un empareamiento foliar, en comparación con el color verde intenso de las hojas en los Lotes Control, no tratados, y del resto de las plántulas sometidas a radiación UV durante períodos de tiempo menores. Estos efectos fueron aumentando al continuar el tiempo de exposición a las radiaciones. (FOTOGRAFIAS I-A, I-B, II-A y II-B).

A los 33 días de comenzar la experiencia N.rustica L. ante el alto grado de lesiones, se interrumpió la irradiación con UV-lejano en los lotes cuyo tiempo de irradiación diaria había sido de 4 minutos. Esta interrupción se realizó también en aquellas plantas que además de UV-lejano, se sometieron a 10 minutos de irradiación con UV-cercano, continuando con esta última radiación hasta el final de la experiencia. Así pudo ser observada la recuperación de las plantas carentes de irradiación y de aquellas que recibían una dosis continuada con UV-cercano. En la TABLA III-4 se indican los tiempos de irradiación total con UV-lejano, expresado en minutos, para el lote UV_L- 4 minutos utilizado en la experiencia. En la TABLA III-5 se muestran los tiempos totales de irradiación con UV lejano seguido de UV-cercano, expresado en minutos, para las plantas de N.rustica L. pertenecientes al lote UV_{L+C}-(4+10) minutos.

PLANTAS DE NICOTIANA RUSTICA L. DE 32 DIAS:

FOTOG. I-A..- Comparación entre plantas Control (C) e irradiadas con UV-lejano (UV_L).

FOTOG. I-B..- Comparación entre plantas Control (C) e irradiadas con UV-lejano + UV-cercano - (UV_{L+C}).



FOTOG.1-A



FOTOG.1-B

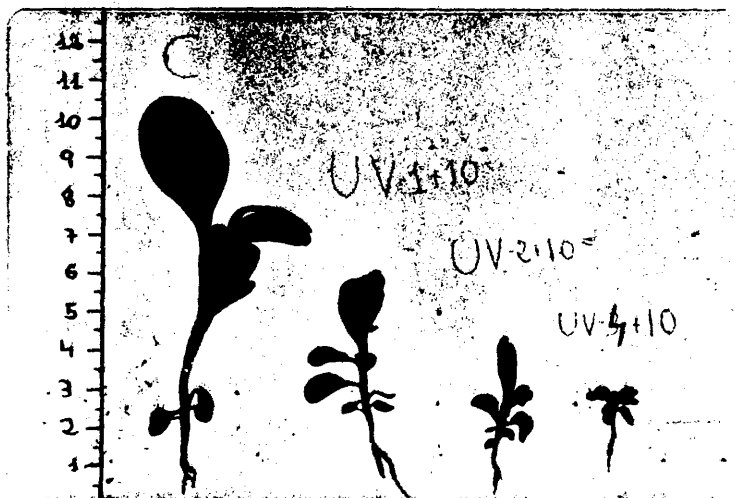
PLANTAS DE NICOTIANA RUSTICA L. DE 37 DIAS:

FOTOG. II-A. - Comparación entre plantas Control (C) e irradiadas con UV-lejano (UV_L)

FOTOG. II-B. - Comparación entre plantas Control (C) e irradiadas con UV-lejano + UV-cercano - (UV_{L+C}).



FOTOG.II-A



FOTOG.II-B

Simultáneamente se dedicaron unas series para conocer la letalidad de las plantas con dichos tiempos de - - irradiación, a las que se continuó irradiando con UV-lejano en un caso, y con UV-lejano + UV-cercano en otros hasta la muerte de las mismas.

A los pocos días de interrumpir el tratamiento con UV-lejano durante 4 minutos, comenzó a observarse un mejoramiento de las plantas de N.rustica L. utilizadas en la experiencia, (FOTOGRAFIAS III-A y III-B), produciéndose - un aumento de la superficie foliar, mientras que en aquellas plantas a las que se les continuaba suministrando UV lejano durante el tiempo indicado anteriormente, se iba - aumentando el grado de sus lesiones.

Las TABLAS III-4 y III-5 indica los tiempos letales expresados en minutos y la edad de las plantas en días, - para los lotes sometidos al tratamiento con UV-lejano y - UV-lejano + UV-cercano, durante 4 minutos y (4+10) minutos, respectivamente.

Los lotes de plantas de N.rustica L. a los 23 días de haber suprimido la irradiación diaria de 4 minutos con UV-lejano, presentaron un tamaño superior que aquellas - plantas, de tratamiento similar, que continuaban siendo - irradiadas con UV-cercano durante el tiempo establecido.

El resto de los lotes de N.rustica L. tratados con UV, a los 58 días de edad de las plantas, comenzó a observarse un aspecto coriáceo y una mayor fragilidad en las - hojas, (FOTOGRAFIAS IV-A, IV-B, IV-C y IV-D), respecto a -

las plantas Control y aquéllas en las que había sido interrumpida la irradiación con UV-lejano.

En los lotes UV_L -2 minutos y UV_{L+C} -(2+10) minutos, comenzó a observarse una curvatura de sus hojas a los 77 días de tratamiento, suprimiendo en este momento la irradiación con UV-lejano en cada uno de los lotes, (FOTOGRAFÍAS IV-B y IV-D). En las TABLAS III-4 y III-5 se indican los tiempos totales y letales de irradiación, expresado en minutos, para los lotes tratados con UV-lejano y UV-lejano + UV-cercano, respectivamente, durante los tiempos indicados.

Simultáneamente se destinaron unas series de características similares para conocer la letalidad de las plantas con los tiempos indicados, en las cuales no se suprimió ningún tipo de radiación UV, como se hizo anteriormente para las series a las que se les suministraba radiación con UV-lejano durante 4 minutos.

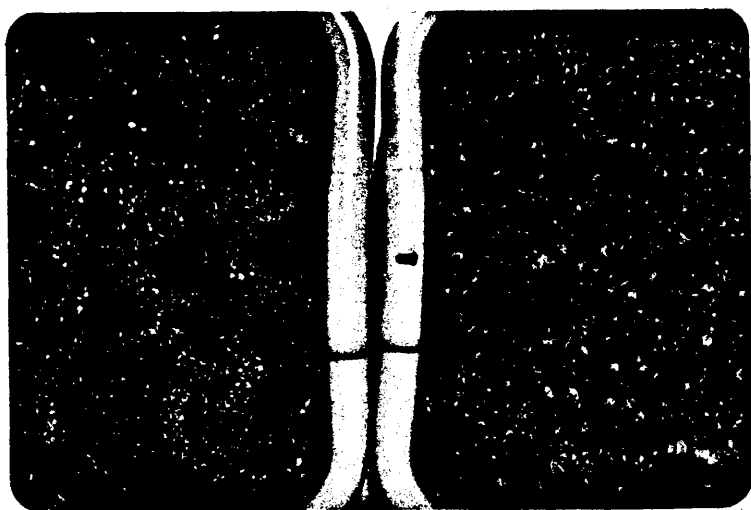
La recuperación de los lotes de plantas de N.rustica L, cuya irradiación con UV-lejano con dosis diarias de 2 minutos había sido suprimida, comenzó a ser observada a los 15 días de haber interrumpido el tratamiento.

Síntomas de Prefloración comenzaron a ser observados en los lotes Control (FOTOGRAFIA V-A), a los 106 días de edad de las plantas, fenómeno que se presentó en los lotes UV_L - 4 minutos, dejados de irradiar, 6 días más tarde, cuando ya los lotes no tratados presentaban un estado de prefloración muy avanzado.

PLANTAS DE NICOTIANA RUSTICA L. DE 44 DIAS:

FOTOG. III-A.- Aspecto del lote UV_L-4 min. que recibía UV_L (izda). Recuperación de un lote similar que ya no recibía dicha radiación - (dcha.).

FOTOG. III-B.- Aspecto del lote $UV_{L+C}-(4+10)$ min. que recibía UV_{L+C} (izda.). Recuperación de un lote similar que sólo recibía UV_C (de recha).



FOTOG.III-A



FOTOG.III-B



PLANTAS DE NICOTIANA RUSTICA L. DE 58 DIAS:

FOTOG. IV-A.- Plantas Control.

FOTOG. IV-B.- Aspecto de los lotes UV_L -1 min. y
 UV_L -2 min. irradiados con UV_L .



FOTOG.IV-A



FOTOG.IV-B

(Cont.)

FOTOG. IV-C..- Recuperación del lote UV_L-4 min. que no -
recibía UV_L (izda). Aspecto de $UV_{L+C}-(1\pm 10)$
minutos (dcha).

FOTOG. IV-D..- Aspecto del lote $UV_{L+C}-(2\pm 10)$ min. que re-
cibía ambos tipos de radiaciones (izda.).
Recuperación de $UV_{L+C}-(4\pm 10)$ min. que só-
lo recibía UV_C .



FOTOG.IV-C



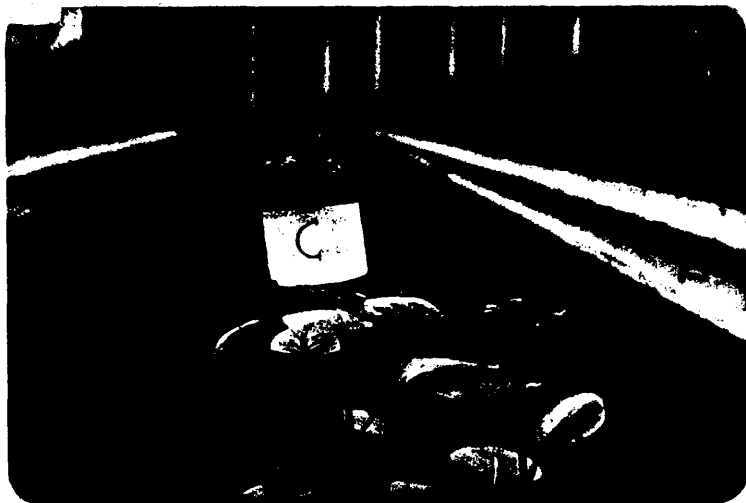
FOTOG.IV-D



PLANTAS DE NICOTIANA RUSTICA L. DE 17 DIAS:

FOTOG. V-A.- Floración en el lote Control.

FOTOG. V-B.- Prefloración en el lote UV_L-4 minutos
dejado de irradiar con UV_L.



FOTOG.V-A



FOTOG.V-B

Durante los días siguientes, las plantas Control - de N.rustica L. continuaron con crecimiento normal hasta llegar a un estado de Floración. Esta floración se produjo con anterioridad a la prefloración avanzada en los lotes UV_L - 4 minutos (FOTOGRAFIA V-B), y UV_{L+C} -(4+10) minutos, no irradiados con UV-lejano. Este último lote, irradiado con UV-cercano, presentó un retardo respecto del - que no recibió ningún tipo de irradiación.

Algunas de las plantas de N.rustica L. no tratadas con radiación UV comenzaron su senescencia a los 131 días de edad, marchitándose sus flores. En esos momentos, la - prefloración y floración era todavía patente en los lotes UV_L - 4 minutos y UV_{L+C} - (4+10) minutos, no irradiados con UV-lejano, en los cuales la senescencia comenzó a manifestarse 14 días más tarde que en los lotes Control, siendo posterior en el lote que recibía tratamiento con UV-cercano (UV_{L+C} - (4+10) min.

Durante todo este período de tiempo, los lotes de plantas: UV_L -2 minutos y UV_{L+C} -(2+10) minutos, no irradiados con UV-lejano, continuaron su recuperación siendo ésta mayor en el lote que no recibía ningún tipo de tratamiento respecto del que era irradiado con UV-cercano. (FO TOGRAFIAS VI-A y VI-B).

Algunas de las series pertenecientes a los lotes - UV_L -1 minuto y UV_{L+C} -(1+10) minutos dejaron de irradiarse con UV-lejano debido al estado en exceso deficiente en - que se encontraban por el tratamiento, continuando la - -

70

irradiación en otras series hasta la muerte de las plantas. (FOTOGRAFIA VII-A). Las TABLAS III-4 y III-5, indican los tiempos totales, expresados en minutos, para los lotes irradiados con UV-lejano y UV-lejano + UV-cercano, durante 1 minuto y (1+10) minutos, respectivamente.

La interrupción en el tratamiento con UV-lejano durante los tiempos expresados en el párrafo anterior, se realizó a los 135 días de irradiación, observándose la disminución del carácter lesivo del UV-lejano al ser suministrado a las plantas en pequeñas dosis diarias.

En los lotes UV_L -1 minuto y UV_{L+C} -(1+10) minutos, no irradiados con UV-lejano, comenzó rápidamente la recuperación respecto de los lotes de plantas de N.rustica L. que continuaban recibiendo las radiaciones comenzadas al principio de la experiencia. (FOTOGRAFIAS VIII-B y VIII-E) Este fenómeno de recuperación de las plantas no irradiadas con UV-lejano, fue similar al manifestado por los diferentes lotes de plantas cuyo tiempo de exposición al UV lejano fue mayor en un principio y posteriormente suprimido como en el caso que nos ocupa. La recuperación comenzó manifestándose por un mayor crecimiento de las plantas y disminución de la rugosidad en las superficies foliares.

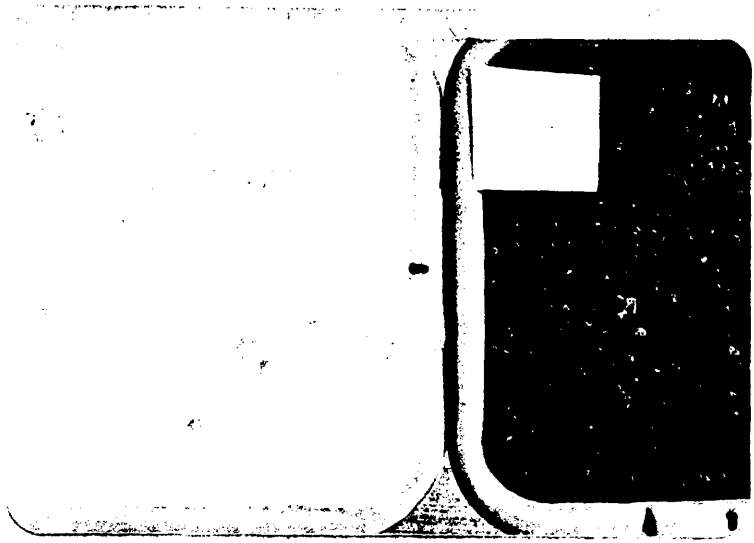
Al final de la experiencia, 155 días de edad de las plantas de N.rustica L., los lotes Control presentaban un estado avanzado en la Fructificación, seguido de UV_L - 4 minutos y UV_{L+C} -(4+10) minutos, (no irradiados con UV-lejano). (FOTOGRAFIAS VIII-A, VIII-D y VIII-G).

PLANTAS DE NICOTIANA RUSTICA L. DE 97 DIAS:

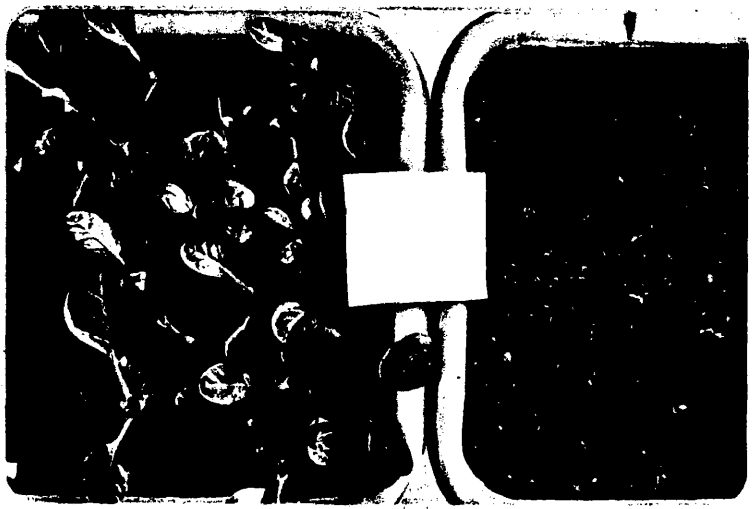
FOTOG. VI-A.- Recuperación del lote UV_L -2 min. al cesar la irradiación con UV_L (izda.). Aspecto de un lote similar que seguía recibiendo dicha radiación (dcha.).

FOTOG. VI-B.- Aspecto del lote UV_{L+C} -(2+10) min. que sólo recibía UV_C (izda.). Lote similar que recibía ambos tipos de radiaciones (dcha.).

FOTOG. VII-A.- Aspecto foliar de las plantas pertenecientes al lote UV_L -1 min. (izda.) y UV_{L+C} -(1+10) minutos (dcha.).



FOTOG.VI-A



FOTOG.VI-B

UV-1

110

FOTOG.VII-A



PLANTAS DE NICOTIANA RUSTICA L. DE 155 DIAS:

FOTOG. VIII-A.- Fructificación del lote Control.

FOTOG. VIII-B.- Recuperación del lote UV_L-1 min. al dejar de irradiar con UV_L (izda.). Aspecto de un lote similar que seguía recibiendo dicha radiación (dcha.).



FOTOG.VIII-A



FOTOG.VIII-B



(Cont.)

FOTOG. VIII-C.- Prefloración del lote UV_L -2 min.

FOTOG. VIII-D.- Fructificación del lote UV_L -4 min.

FOTOG. VIII-E.- Prefloración del lote UV_{L+C} -(2+10) min.



FOTOG.VIII-D

FOTOG.VIII-C



FOTOG.VIII-



(Cont.)

FOTOG. VIII-F. - Recuperación del UV_{L+C} -(1±10) min. que sólo recibía UV_C (izda.). Aspecto de un lote similar que recibía ambos tipos de radiaciones (dcha.).

FOTOG. VIII-G. - Fructificación del lote UV_{L+C} -(4±10)min.



FOTOG.VIII-F



FOTOG.VIII-G

Los lotes UV_L - 2 minutos y UV_{L+C} -(2±10) minutos - (no irradiados con UV-lejano), presentaban a esa edad (155 días) un estado de prefloración más avanzado en el primero de los lotes citados. (FOTOGRAFÍAS VIII-C y VIII-F). - En consecuencia, la fructificación se presentó más retardada en aquellos lotes de N.rustica L. que recibían dosis de UV-cercano, respecto de los que no se les suministró - ningún tipo de radiación UV.

Estos fenómenos se manifestaron posteriormente también en los lotes UV_L -1 minuto y UV_{L+C} -(1±10) minutos no irradiados con UV-lejano.

La TABLA IV-1 indica el crecimiento longitudinal - para las plantas de N.rustica L. expresado en cm, de los lotes tratados con UV-lejano (UV_L) a lo largo de la experiencia. La TABLA IV-2 indica el crecimiento longitudinal expresado en cm, para los lotes de plantas de N.rustica L. tratados con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}), en el momento de la toma de muestras. La FIGURA IV-1 y FIGURA IV-2, - respectivamente, representan gráficamente los valores correspondientes a cada una de las tablas anteriores.

TABLA IV-1

Crecimiento en longitud, expresado en cm, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L irradiadas con UV-lejano (UV_L)

MUESTRA	CONTROL	UV _L -1 min.	UV _L -2 min.	UV _L -4 min.
1ª	6,2	4,1	3,8	1,2
2ª	9,5	5,3	4,4	1,9
3ª	13,7	6,7	5	3,3
4ª	18,4	10,1	4,8	8,9
5ª	20	10,1	4,7	11
6ª	19,9	11,2	4,6	13,9
7ª	21,2	11,2	4,9	18
8ª	21,7	12,5	4,8	21,8
9ª	26,4	12,1	6,6	23,5
10ª	25,7	11,3	7,1	22,6
11ª	30,6	10,3	7,1	24,7
12ª	39,2	10,1	15,6	27,9
13ª	44,5	11,2	25,5	43,8
14ª	53	11,6	32	55,9
15ª	77	13	35,5	68

72 bis

TABLA IV-2

Crecimiento en longitud, expresado en cm, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	UV _{L+C} -(1+10)	UV _{L+C} -(2+10)	UV _{L+C} -(4+10)
1ª	6,2	5,2	2,9	1,1
2ª	9,5	6,3	3,5	1,7
3ª	13,7	8,4	3,5	3,1
4ª	18,4	8,3	4,6	9
5ª	20	9,6	4,8	12,2
6ª	19,9	9,8	4,8	14,9
7ª	21,2	9,7	4,5	17,1
8ª	21,7	9,7	4,7	20,2
9ª	26,4	11,2	6,2	22,1
10ª	25,7	11,5	6,6	23
11ª	30,6	11,7	6,8	25,8
12ª	39,2	11,8	12,2	35,1
13ª	44,5	13,6	17,5	44
14ª	53	13,5	23,9	51,5
15ª	77	14,9	31,2	66

NICOTIANA RUSTICA L.

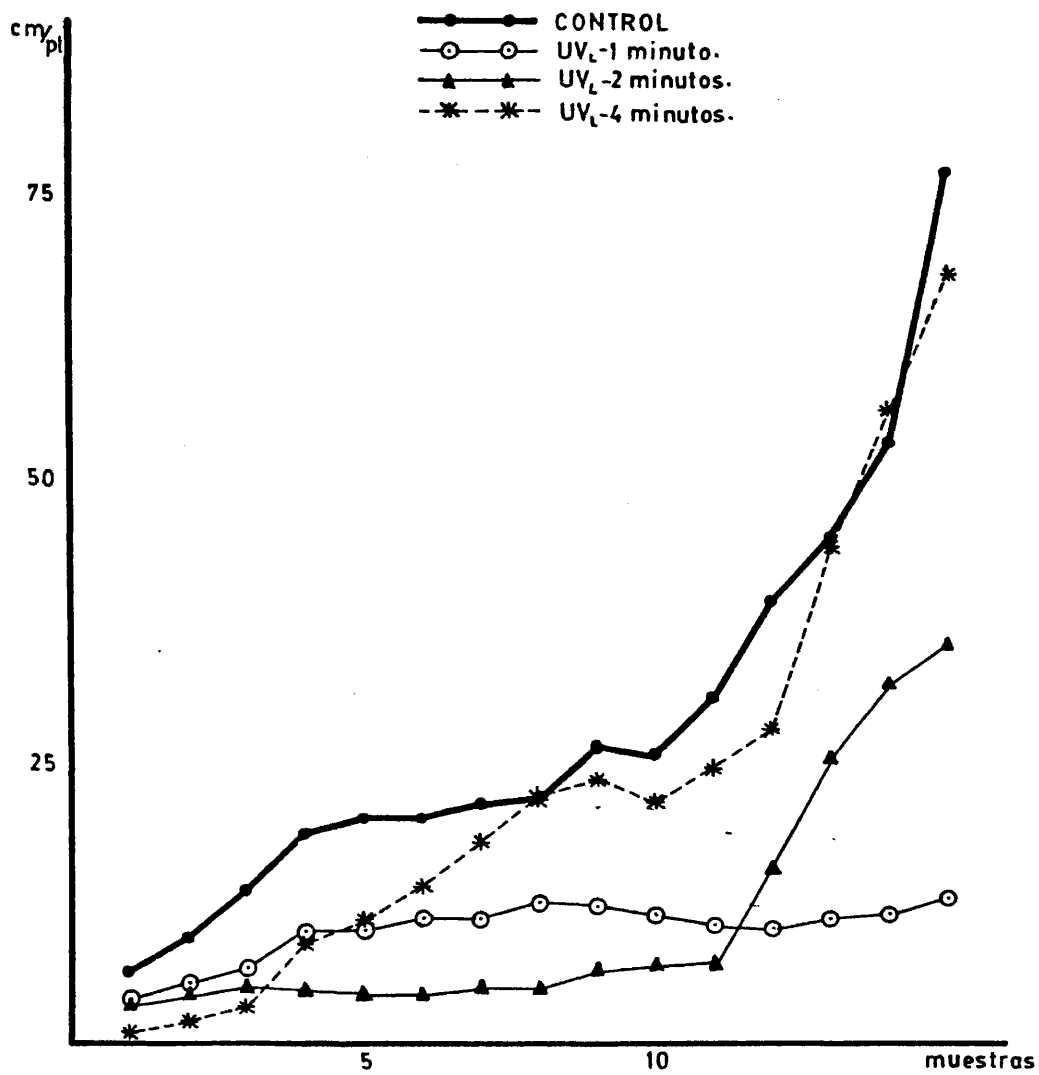


FIG.IV-1.-Crecimiento longitudinal de plantas de N.rustica L. irradiadas con UV-lejano.

NICOTIANA RUSTICA L.

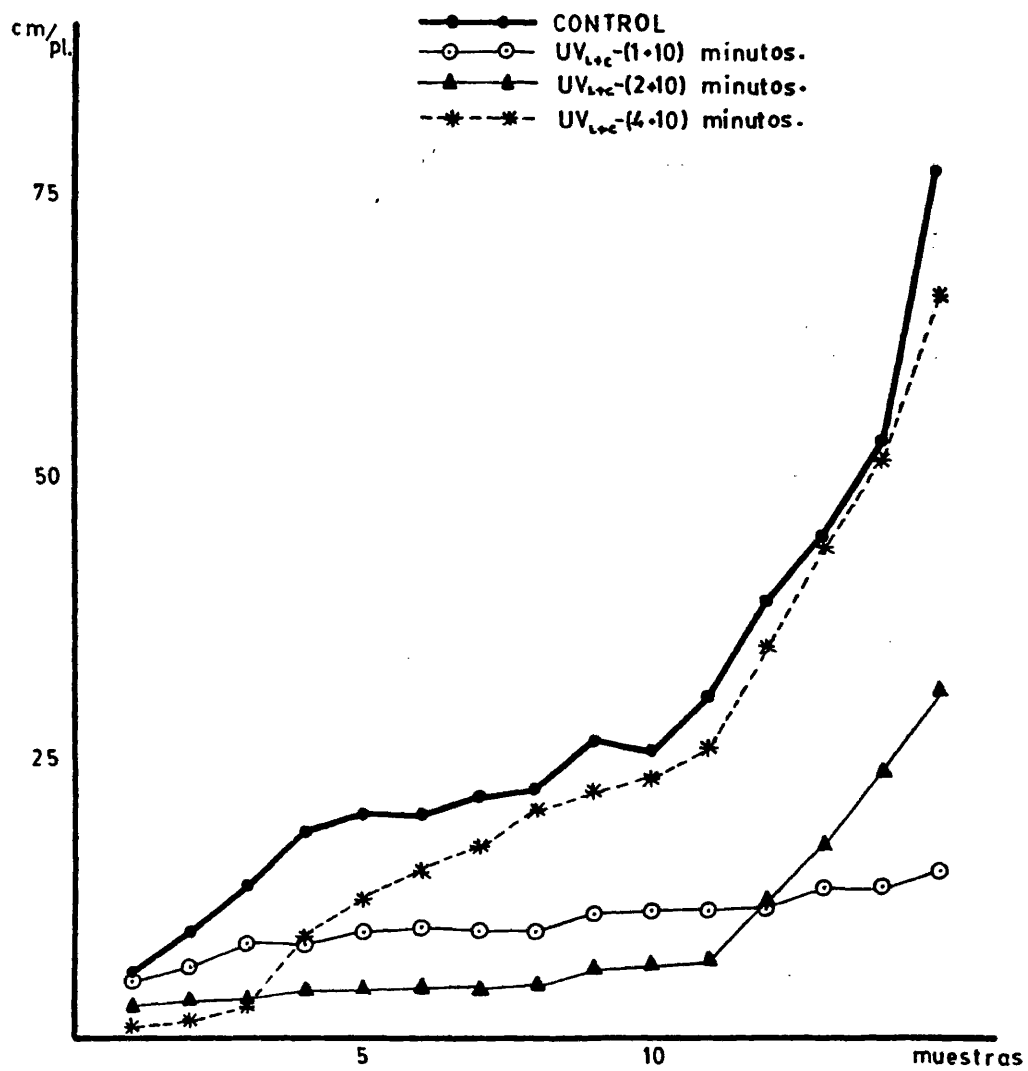


FIG.IV-2.-Crecimiento longitudinal de plantas de N.rustica L. irradiadas con UV-lejano y cercano.

75

IV.1.2.- Peso Fresco y Peso Seco

El peso fresco fue aumentando simultáneamente con el crecimiento de las plantas de N.rustica L. utilizadas en la experiencia. Las variaciones observadas a lo largo del ciclo vegetativo de las plantas es de suponer fueron debidas a factores internos de las mismas relacionados con la absorción hídrica y también a los factores ambientales.

El peso seco fue aumentando regularmente durante toda la experiencia. Este aumento fue mayor en las plantas Control, no sometidas a ningún tipo de radiación, respecto de los lotes irradiados con UV-lejano y con UV-lejano seguido de UV-cercano.

El lote UV-4 minutos, al comienzo de la experiencia presentó un peso seco inferior al resto de los lotes utilizados. En las primeras fases la secuencia de valores obtenidos para el peso seco en los lotes irradiados con UV-lejano, fue:

Control > UV_L+1 min. > UV_L-2 min. > UV_L-4 min.

A partir de la 4ª y 5ª muestra, momento en el que se dejaron de irradiar dichos lotes con UV-lejano, el peso seco de los mismos fue aumentando hasta el final de la experiencia, pero sin alcanzar los valores presentados por las plantas Control de N.rustica L.

Los lotes UV_L-2 minutos y UV_L-1 minuto fueron aumentando de forma paulatina su peso seco, produciéndose el mayor aumento cuando se suprimió el tratamiento con UV lejano en cada uno de ellos. Los mayores valores obtenidos, en estos dos lotes, se observaron en UV_L-2 minutos, donde se realizó la supresión de irradiación con UV-lejano con anterioridad al lote UV_L-1 minuto, produciéndose la recuperación de esas plantas y el incremento de los valores obtenidos para el peso seco.

Los valores de peso seco al final de la experiencia, para los lotes tratados con UV-lejano y Control expresan el siguiente orden:

Control > UV_L-4 min. > UV_L-2 min. > UV_L-1 min.

La TABLA IV-3 indica los valores de peso seco, expresados en gramos, en plantas de N. rustica L. irradiadas con UV-lejano para cada muestra y la FIGURA IV-3 muestra la representación grafica de los valores indicados en la Tabla anterior.

El lote $UV_{L+C}-(4+10)$ minutos al comienzo de la experiencia presentó un peso seco inferior al resto de los lotes cuyo tiempo de irradiación con UV-lejano era menor, siendo igual la dosis con UV-cercano. En las primeras muestras la secuencia de valores obtenidos para el peso seco en los lotes irradiados con UV-lejano + UV-cercano, fue:

Control > $UV_{L+C}-(1+10)$ > $UV_{L+C}-(2+10)$ > $UV_{L+C}-(4+10)$

Los valores fueron aumentando considerablemente - desde el momento en que fue suprimida la irradiación con UV-lejano, aunque no alcanzaron las cifras presentadas - por el lote Control. Los lotes UV_{L+C}-(1+10) minutos y - - UV_{L+C}-(2+10) minutos presentaron valores de peso seco con siderablemente más bajos que las plantas Control y ello - fue durante toda la experiencia. Estas cifras fueron supe riores para UV_{L+C}-(1+10) minutos respecto de UV_{L+C}-(2+10) minutos, desapareciendo tal diferencia al final cuando el primer lote indicado seguía recibiendo ambos tipos de ra diaciones, mientras que el segundo era tratado sólomente con UV-cercano, pero se le suprimió el tratamiento con UV lejano.

Los valores de peso seco al final de la experiencia para los lotes de plantas tratadas con ambos tipos de ra diaciones presentó el siguiente orden:

$$\text{Control} > \text{UV}_{L+C}-(4+10) > \text{UV}_{L+C}-(2+10) > \text{UV}_{L+C}-(1+10)$$

La TABLA IV-4 indica los valores de peso seco, ex presados en gramos, para plantas de N.rustica L. irradia das con UV-lejano + UV-cercano y la FIGURA IV-4 la repre sentación gráfica de los valores indicados en la Tabla an terior.

A efectos comparativos de los lotes tratados con - UV-lejano y con UV-lejano + UV-cercano, se observa que - las plantas cuya irradiación con UV-lejano había sido su primida, presentaron unos valores de peso seco superiores

a los observados en los lotes que seguían recibiendo dosis de UV-cercano. Las FIGURAS IV-5, IV-6 y IV-7, expresan comparativamente los valores de peso seco obtenidos para cada uno de los lotes irradiados con uno o ambos tipos de radiación UV.

Considerando los siete lotes de plantas utilizados en la experiencia, al final de la misma el orden de los distintos valores de Peso Seco fue:

$$\begin{aligned} \text{Control} &> \text{UV}_L - 4 \text{ min.} > \text{UV}_{L+C} - (4+10) \text{ min.} > \text{UV}_L + 2 \text{ min.} > \\ &\text{UV}_{L+C} - (2+10) \text{ min.} > \text{UV}_L - 1 \text{ min.} > \text{UV}_{L+C} - (1+10) \text{ min.} \end{aligned}$$

Estos datos permiten observar los efectos producidos por el tratamiento inicial y posterior interrupción con UV-lejano, en unos lotes y simultáneamente también las respuestas obtenidas por las plantas de N.rustica L. que continuaban recibiendo la irradiación con UV-cercano.

TABLA IV-3

Peso Seco, expresado en gramos, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRAS	CONTROL	$UV_L +1$ min.	$UV_L -2$ min	$UV_L -4$ min.
1ª	0,018	0,007	0,005	0,001
2ª	0,023	0,009	0,006	0,002
3ª	0,082	0,019	0,010	0,004
4ª	0,201	0,034	0,013	0,021
5ª	0,226	0,049	0,016	0,042
6ª	0,260	0,042	0,015	0,067
7ª	0,375	0,062	0,021	0,162
8ª	0,315	0,076	0,015	0,251
9ª	0,327	0,100	0,017	0,209
10ª	0,340	0,067	0,033	0,309
11ª	0,397	0,057	0,027	0,528
12ª	1,077	0,062	0,134	0,575
13ª	1,478	0,106	0,671	1,475
14ª	1,589	0,080	0,683	1,119
15ª	3,055	0,266	1,138	3,231

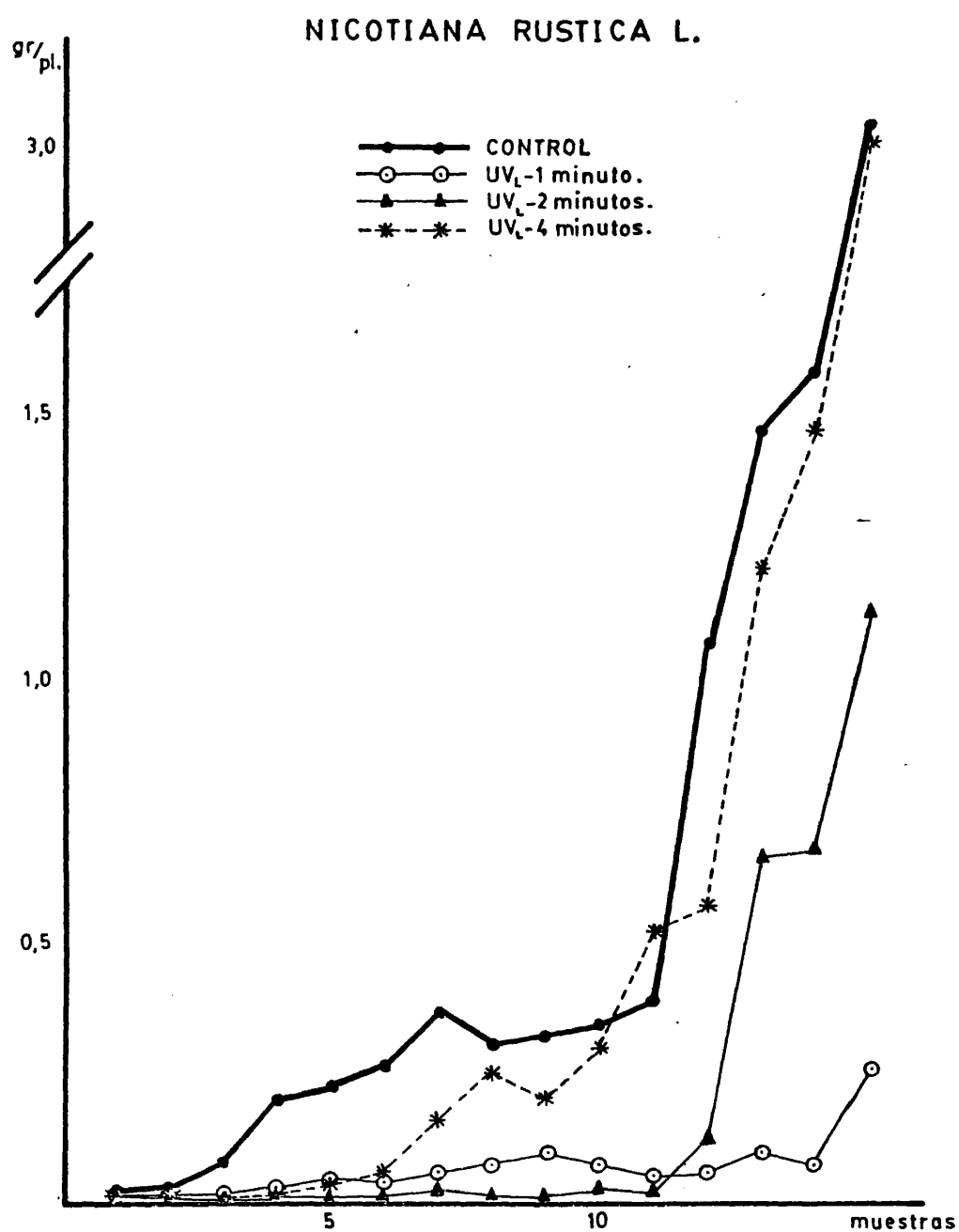


FIG.IV-3.-Valores de Peso Seco para plantas de *N.rustica* L. irradiadas con UV_L.

TABLA - IV-4

Peso Seco, expresado en gramos, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C})

MUESTRAS	CONTROL	UV _{L+C} -(1+10)	UV _{L+C} -(2+10)	UV _{L+C} -(4+10)
1ª	0,018	0,013	0,007	0,003
2ª	0,023	0,012	0,004	0,002
3ª	0,082	0,022	0,008	0,006
4ª	0,201	0,039	0,013	0,032
5ª	0,226	0,034	0,016	0,059
6ª	0,260	0,038	0,014	0,114
7ª	0,375	0,044	0,018	0,272
8ª	0,315	0,065	0,015	0,219
9ª	0,327	0,094	0,016	0,342
10ª	0,340	0,043	0,017	0,509
11ª	0,397	0,065	0,022	0,613
12ª	1,077	0,076	0,081	0,987
13ª	1,478	0,110	0,290	1,321
14ª	1,589	0,128	0,381	1,795
15ª	3,055	0,149	0,299	2,078

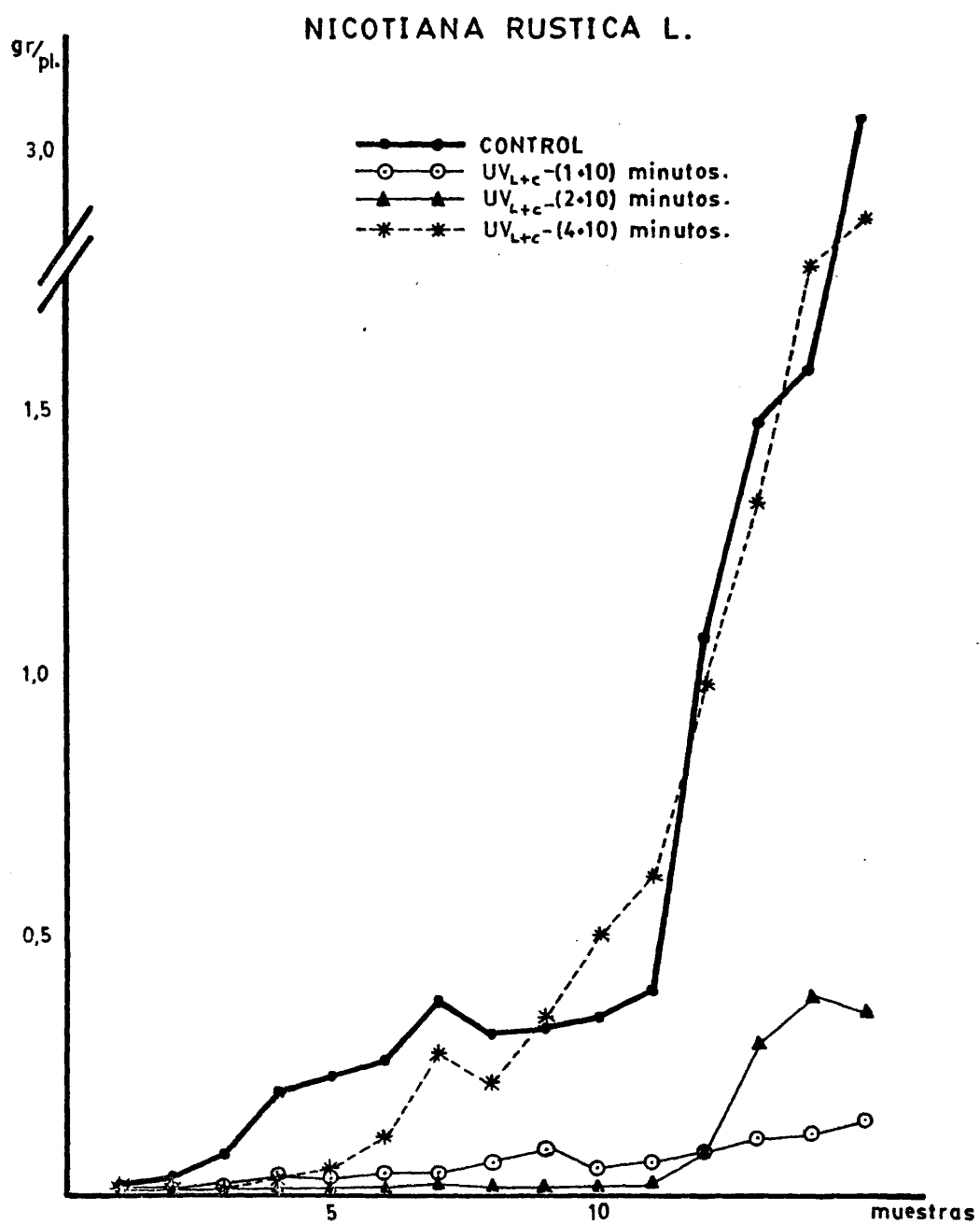


FIG.IV-4.-Valores de Peso Seco para plantas de *N.rustica* L. irradiadas con UV_{L+c}.

NICOTIANA RUSTICA L.

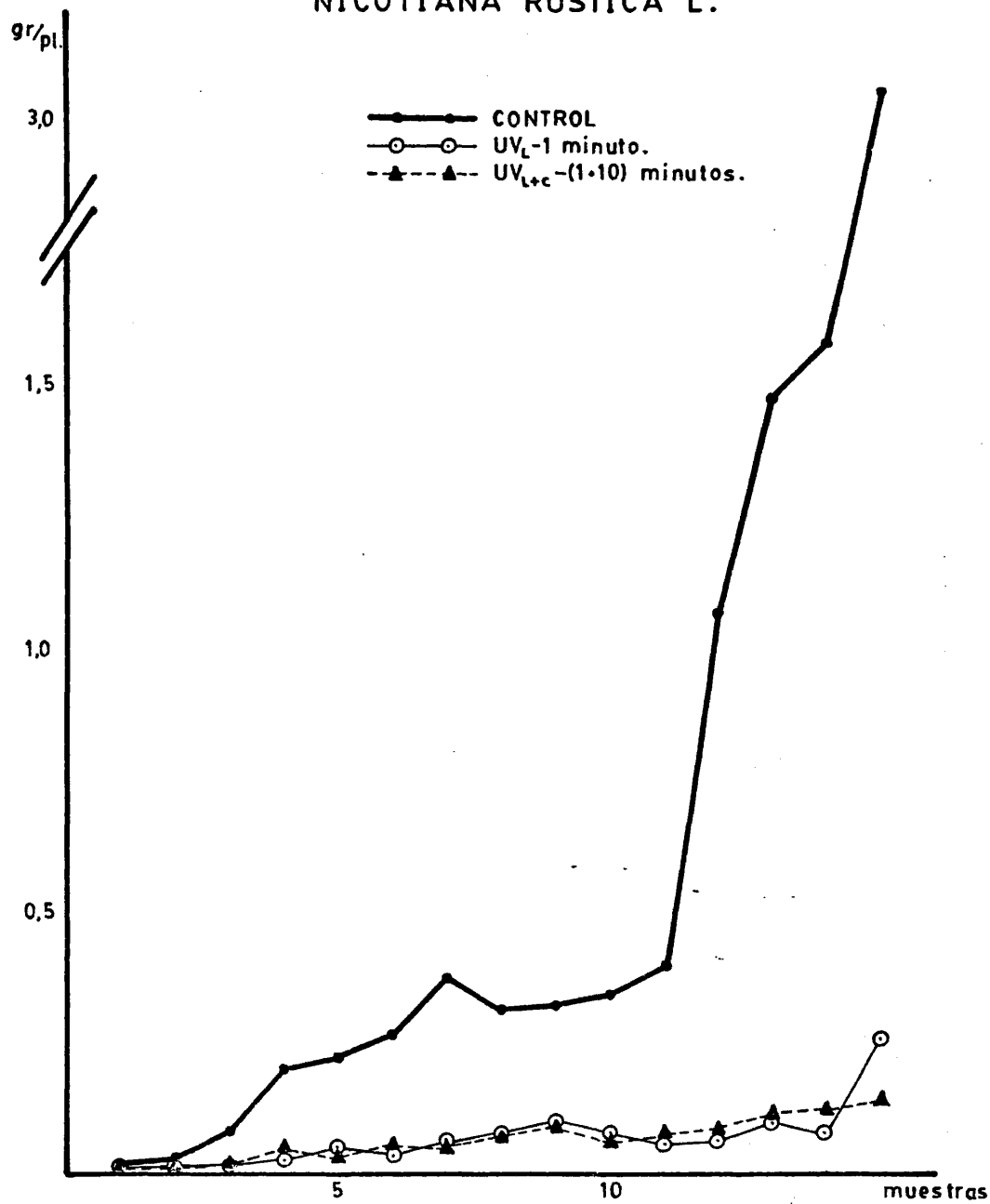


FIG.IV-5.-Estudio comparativo de los valores de Peso Seco para plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

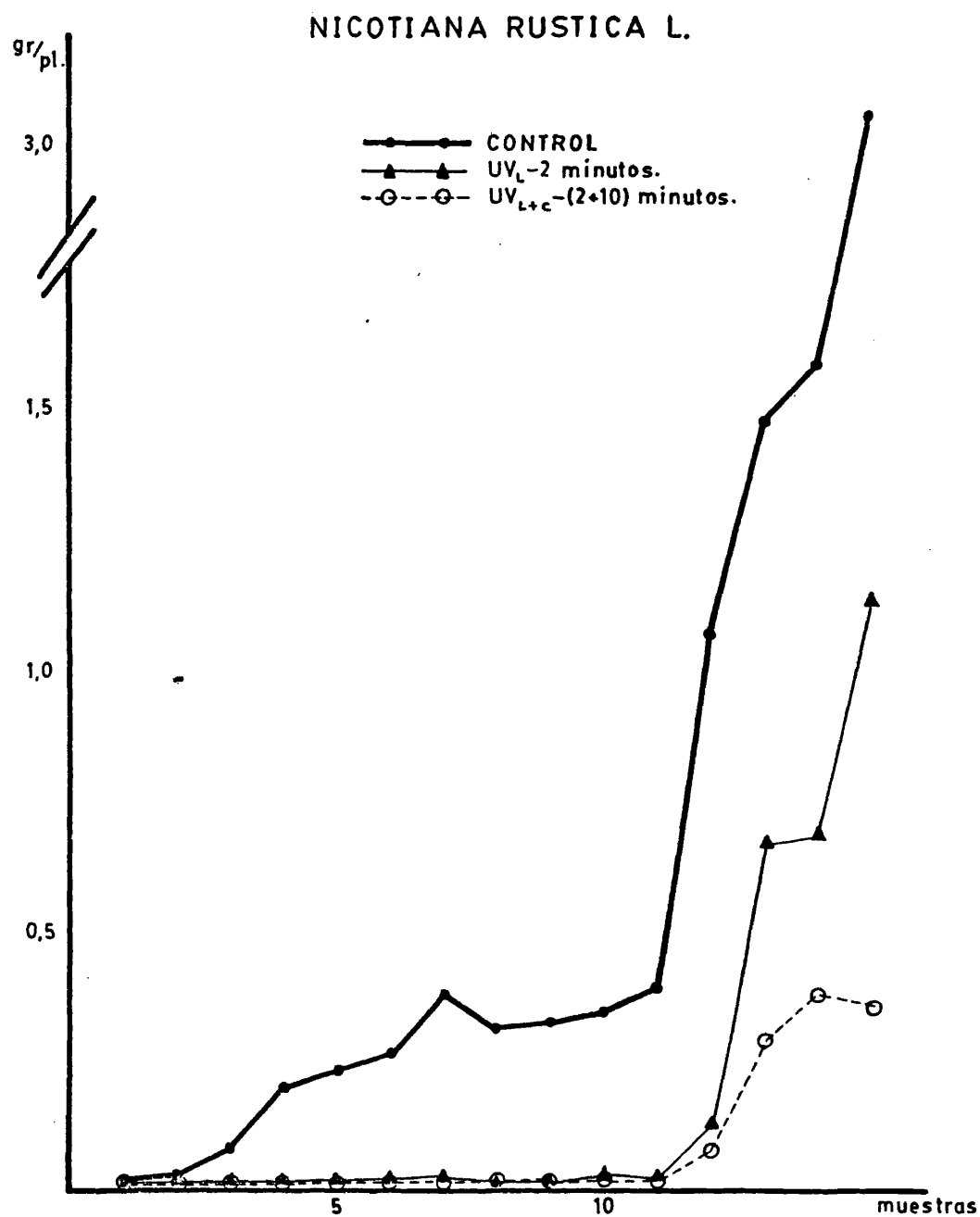


FIG.IV-6.-Estudio comparativo de los valores de Peso Seco para plantas de *N.rustica* L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

NICOTIANA RUSTICA L.

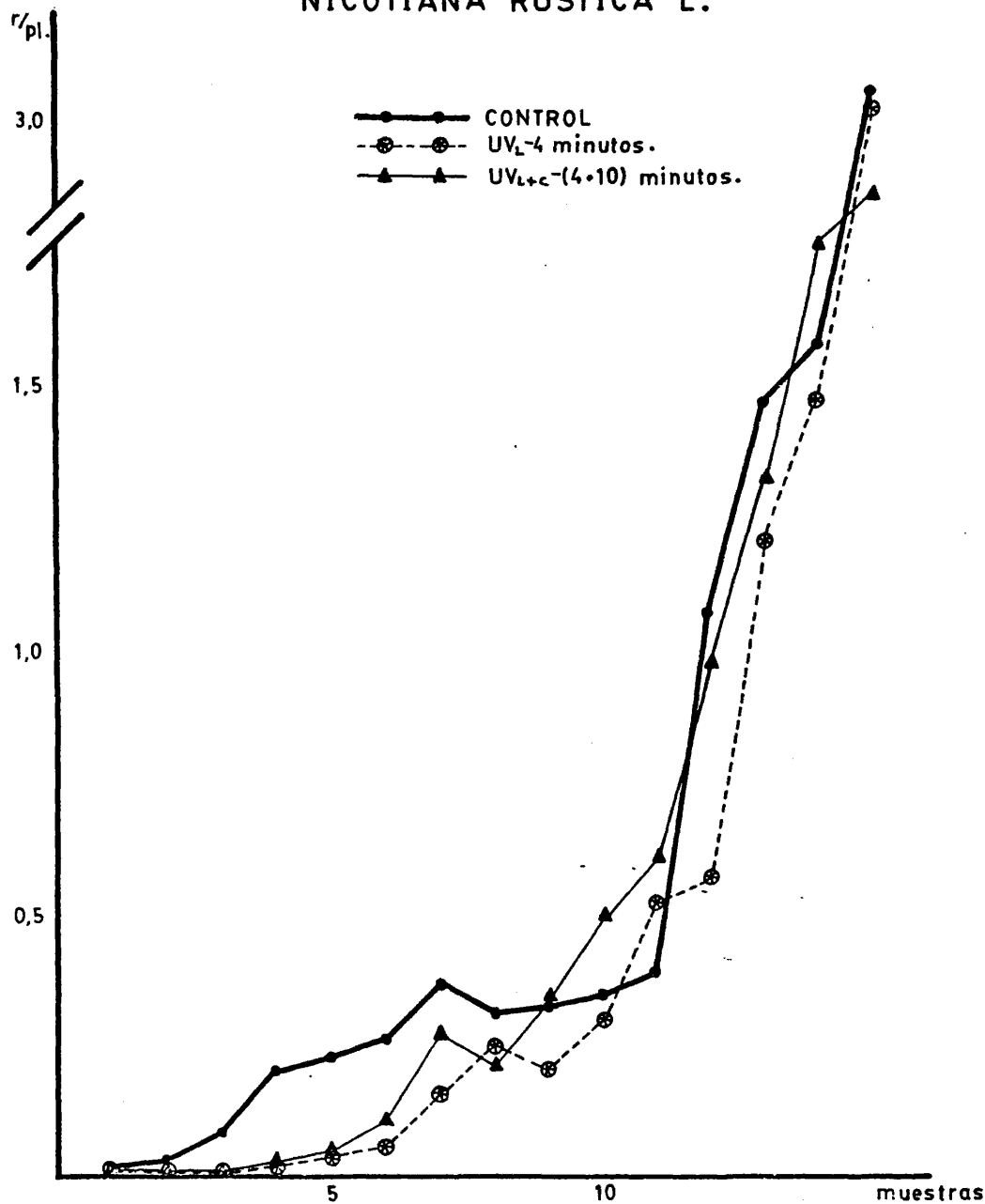


FIG.IV-7.-Estudio comparativo de los valores de Peso Seco para plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L y UV_L+c.

IV.1.3.- Contenido de Clorofila Total, Clorofila a y Clorofila b.

Los niveles de clorofila a y b en plantas Control de N.rustica L. fueron aumentando a lo largo de la experiencia respecto de los valores alcanzados en los lotes irradiados cuyos niveles fueron variando en función del tiempo de exposición y tipo de radiación recibida.

En plantas de N.rustica L. irradiadas con UV-lejano, pudo observarse, al comienzo de la experiencia, como el lote Control presentaba unos niveles de Clorofila a y b superiores al resto de las plantas utilizadas, en los demás lotes expresando el orden siguiente: UV_L-1 minuto, UV_L-2 minutos y UV_L-4 minutos.

En etapas intermedias los valores clorofila a y b alcanzados por los distintos lotes de N.rustica L. utilizados en la experiencia, variaron según lo indicado anteriormente, con el orden siguiente:

Control > UV_L-4 minutos > UV_L-1 minuto > UV_L-2 minutos

Este incremento en los niveles clorofila a y b del lote UV_L-4 minutos respecto de aquéllos que recibían menor tiempo de irradiación, se produjo a partir de la 4ª muestra, momento en el cual fue suprimida la irradiación con UV-lejano en dicho lote y comenzó la recuperación de las plantas. Esta recuperación manifestó un aumento en los niveles, clorofila a y b, a lo largo de toda la experiencia, pudiendo llegar en algún caso, a alcanzar niveles algo superiores a las plantas Control, aunque en general -

los valores del lote UV_L-4 minutos quedaban dentro del límite de valores pertenecientes a las plantas que nunca habían recibido tratamiento alguno con UV.

Los niveles de clorofila a y b expresan al final de la experiencia para los distintos lotes utilizados el siguiente orden:

Control > UV_L-4 minutos > UV_L-2 minutos > UV_L-1 minuto

En esta relación evidencia un aumento de los niveles de clorofila a y b del lote UV_L-2 minutos con relación a etapas anteriores, siendo debido a un cese de irradiación con UV-lejano, comenzando a partir de la 11ª muestra la recuperación de las plantas de N.rustica L. no irradiadas, alcanzando niveles superiores al lote UV_L-1 minuto, pero siempre por debajo de los valores correspondientes a las plantas Control y UV_L-4 minutos (cuyo tratamiento con UV-lejano había sido suspendido).

El lote UV_L-1 minuto al principio de la experiencia presentaba valores de clorofila a y b superiores a los lotes cuyo tiempo de exposición era mayor, pero al suprimirles el tratamiento con UV-lejano, éstos comenzaron la recuperación y alcanzaron niveles de clorofila a y b superiores al lote UV_L-1 minuto. Este lote continuaba recibiendo dosis de UV-lejano, por lo que iba acusando de forma cada vez más intensa los efectos acumulativos de la radiación UV, aunque ésta fuera aplicada durante breves períodos de tiempo.

88

Al final de la experiencia el lote UV_L-1 minuto - no recibía irradiación con UV-lejano, presentando cierta recuperación en los valores de clorofila a y b, pero nunca alcanzó los valores del resto de los lotes en el momento de la toma de muestras.

Las TABLAS IV-5, IV-7 y IV-9 indican los valores - de Clorofila Total, Clorofila a y Clorofila b, respectivamente, expresados en mg, para los lotes de plantas de N.-rustica L. irradiados con UV-lejano, y son representados gráficamente en las FIGURAS IV-8, IV-13 y IV-18.

Las plantas irradiadas con UV-lejano seguido de - UV-cercano, presentaron en todos los lotes unos niveles - de clorofila a y b inferiores a los valores alcanzados -- por las plantas Control. Paralelamente a lo ocurrido con los lotes irradiados con UV-lejano, las plantas sometidas a ambos tipos de irradiación (UV-lejano + UV-cercano) - - muestran al comienzo de la experiencia el siguiente orden para niveles de clorofila a y b.

Control > $UV_{L+C}-(1+10) > UV_{L+C}-(2+10) > UV_{L+C}-(4+10)$ min.

La pronta supresión del tratamiento con UV-lejano, manteniendo el UV-cercano para el lote $UV_{L+C}-(4+10)$ minutos, produjo un aumento en los niveles de clorofila a y b respecto de los lotes de plantas que aún seguían recibiendo los dos tipos de radiaciones, aunque el tiempo de exposición fuera menor. En consecuencia, en etapas intermedias el orden seguido para los lotes tratados con ambas radiaciones para los referidos valores de clorofila a y b, fue:

Control > $UV_{L+C}-(4+10) > UV_{L+C}-(1+10) > UV_{L+C}-(2+10)$

Cuando se suprimió la irradiación con UV-lejano, manteniendo el tratamiento con UV-cercano a los restantes lotes, éstos presentaron un aumento en los niveles de clorofila a y b. Al final de la experiencia el lote $UV_{L+C} - (1+10)$ minutos presentaba un contenido de estos pigmentos inferior al resto de los lotes, por ser el último en dejar de recibir tratamiento con UV-lejano, por lo que en plantas de N.rustica L., los niveles de clorofila a y b presentaron el siguiente orden:

Control > $UV_{L+C} - (4+10)$ > $UV_{L+C} - (2+10)$ > $UV_{L+C} - (1+10)$ min.

Las TABLAS IV-6, IV-8 y IV-10, indican los valores de Clorofila Total, Clorofila a y Clorofila b, respectivamente, expresados en mg, para los lotes de plantas de - - N.rustica L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano y las - FIGURAS IV-9, IV-14 y IV-19 son su representación gráfica

En el estudio comparativo de los valores obtenidos en los lotes de N.rustica L. tratados con UV-lejano, por un lado, y con UV-lejano + UV-cercano, por otro, fue observado que las plantas cuyo tratamiento con UV-lejano había sido suprimido, presentaban unos niveles de clorofila a y b superiores a aquellos lotes que aún recibían irradiación con UV-cercano. En ningún caso alcanzaron los valores presentados por las plantas Control, no sometidas a ningún tipo de irradiación.

Los niveles alcanzados para cada uno de los lotes utilizados en la experiencia, fueron variando según la dosis de irradiación y el momento en el que fuera suspendido el tratamiento con UV-lejano en cada uno de ellos.

La experiencia muestra como la diferencia de valores de clorofila a y b entre las plantas cesadas de irradiar y las que aún recibían dosis con UV-cercano, eran mayores entre los lotes UV_L-1 minuto y $UV_{L+C}-(1+10)$ minutos que en el resto de ellos, debido a que estos lotes fueron los últimos que dejaron de recibir dosis con UV-lejano.

Las FIGURAS IV-10, IV-11, IV-12, IV-15, IV-16, IV-17, IV-20, IV-21 y IV-22, expresan los valores de Clorofila Total, Clorofila a y Clorofila b en mg, en estudio comparativo de efectos de UV-lejano y UV-lejano + UV-cercano, para cada uno de los lotes de plantas de N.rustical tratados con dichas radiaciones.

91

TABLA IV-5

Contenido de Clorofila Total, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
1ª	0,075	0,042	0,022	0,008
2ª	0,189	0,074	0,043	0,011
3ª	0,655	0,151	0,073	0,018
4ª	2,113	0,405	0,072	0,149
5ª	2,216	0,341	0,082	0,403
6ª	2,389	0,321	0,080	0,703
7ª	2,802	0,470	0,071	1,057
8ª	2,741	0,447	0,068	2,516
9ª	3,006	0,578	0,209	2,243
10ª	3,364	0,629	0,176	3,383
11ª	3,824	0,202	0,142	4,827
12ª	10,065	0,387	1,221	5,449
13ª	14,911	0,759	6,870	16,847
14ª	16,991	0,703	6,413	20,668
15ª	40,939	15,61	11,678	34,379

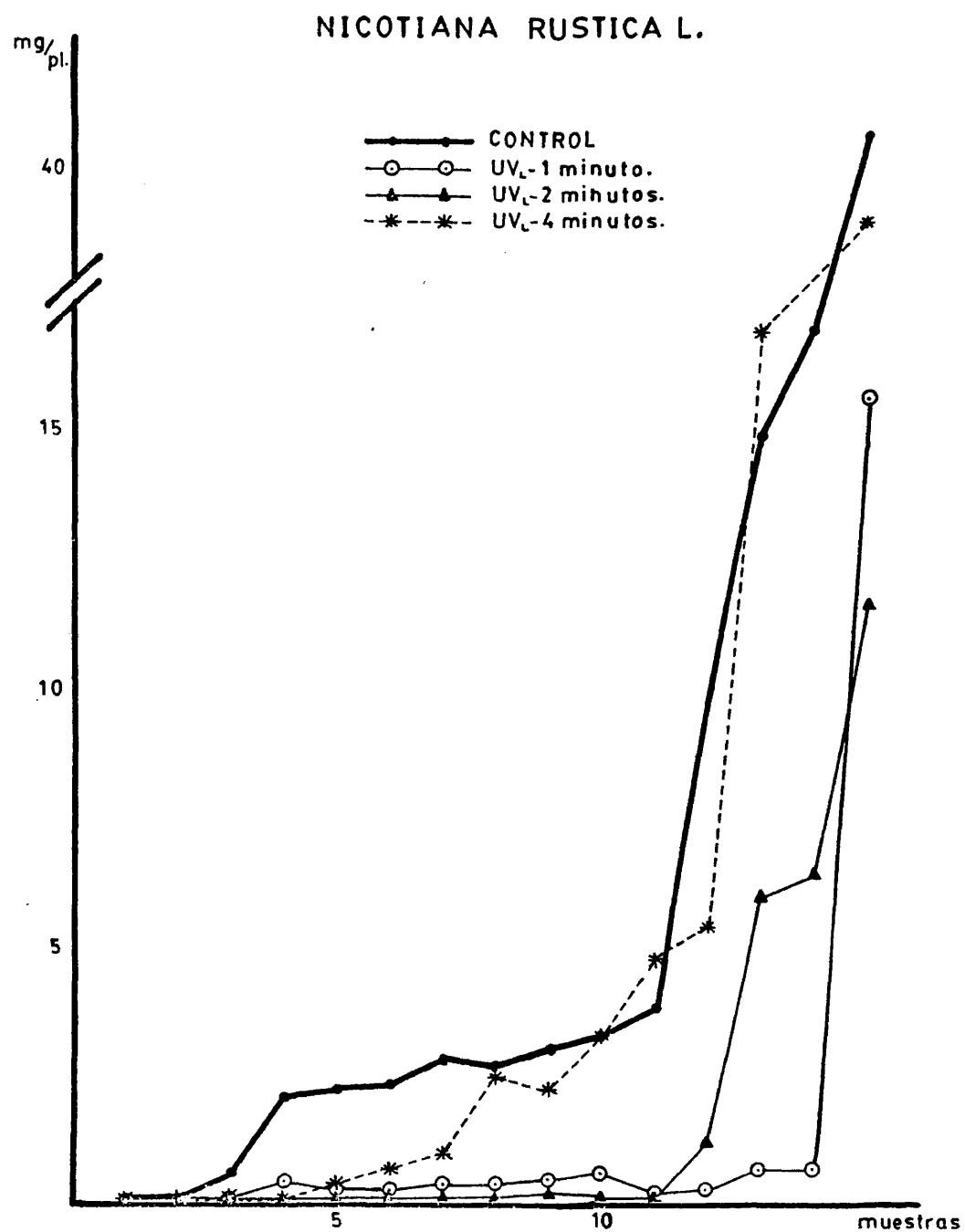


FIG.IV-8.-Contenido de Clorofila Total en plantas de *N.rustica* L. irradiadas con UV_L.

TABLA IV-6

Contenido de Glorofila Total, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	UV _{L+C} -(1+10)	UV _{L+C} -(2+10)	UV _{L+C} -(4+10)
1ª	0,075	0,045	0,022	0,006
2ª	0,189	0,083	0,028	0,010
3ª	0,655	0,144	0,040	0,032
4ª	2,113	0,191	0,083	0,184
5ª	2,216	0,138	0,072	0,381
6ª	2,389	0,165	0,072	1,013
7ª	2,802	0,175	0,091	1,458
8ª	2,741	0,291	0,114	1,559
9ª	3,006	0,491	0,109	2,164
10ª	3,364	0,255	0,116	3,840
11ª	3,824	0,432	0,142	5,842
12ª	10,065	0,565	0,617	7,273
13ª	14,911	0,900	2,848	7,524
14ª	16,991	0,691	3,965	15,352
15ª	40,939	3,032	14,331	20,894

NICOTIANA RUSTICA L.

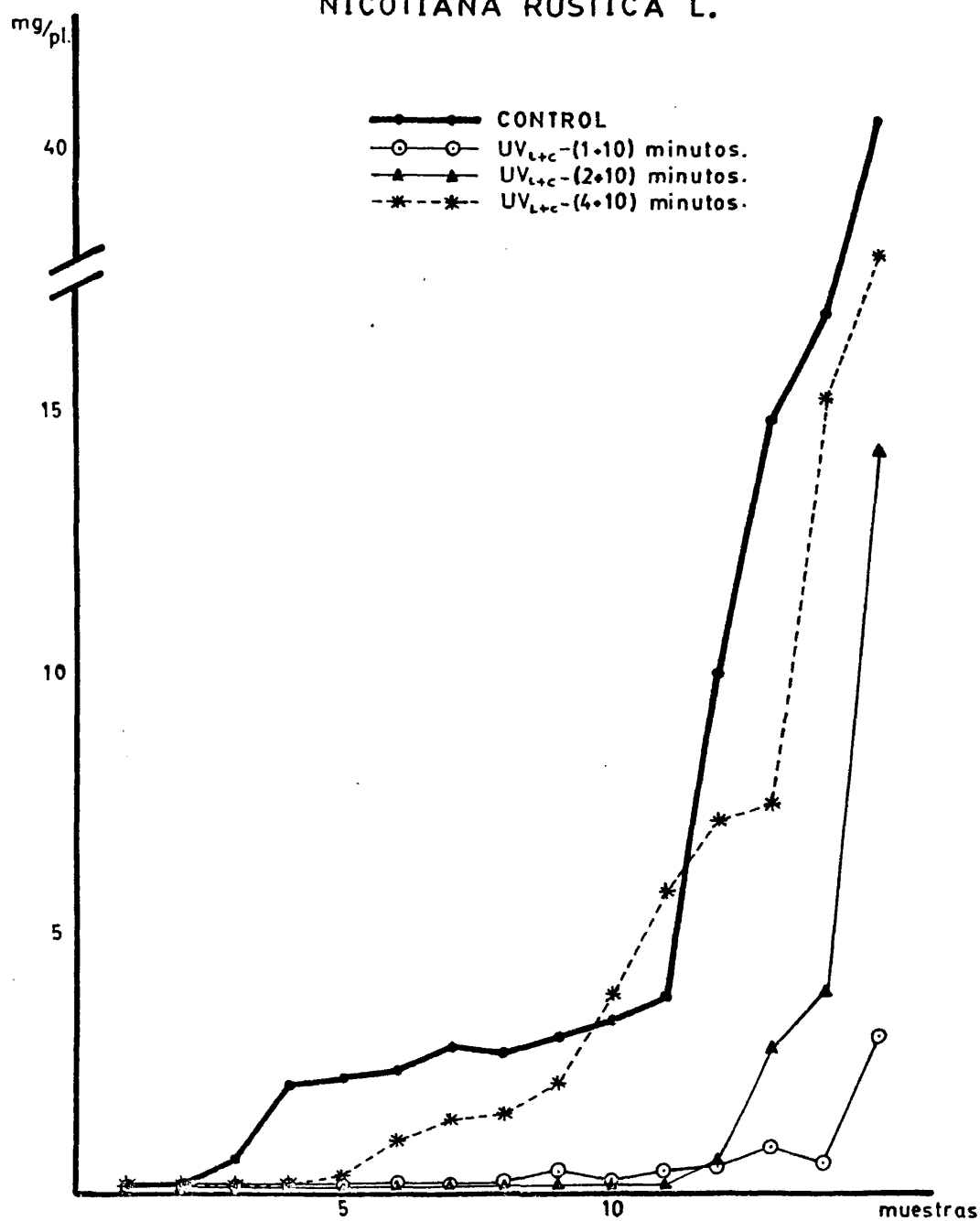


FIG.IV-9.-Contenido de Clorofila Total en plantas de *N.rustica* L. irradiadas con UV_{t+c}.

NICOTIANA RUSTICA L.

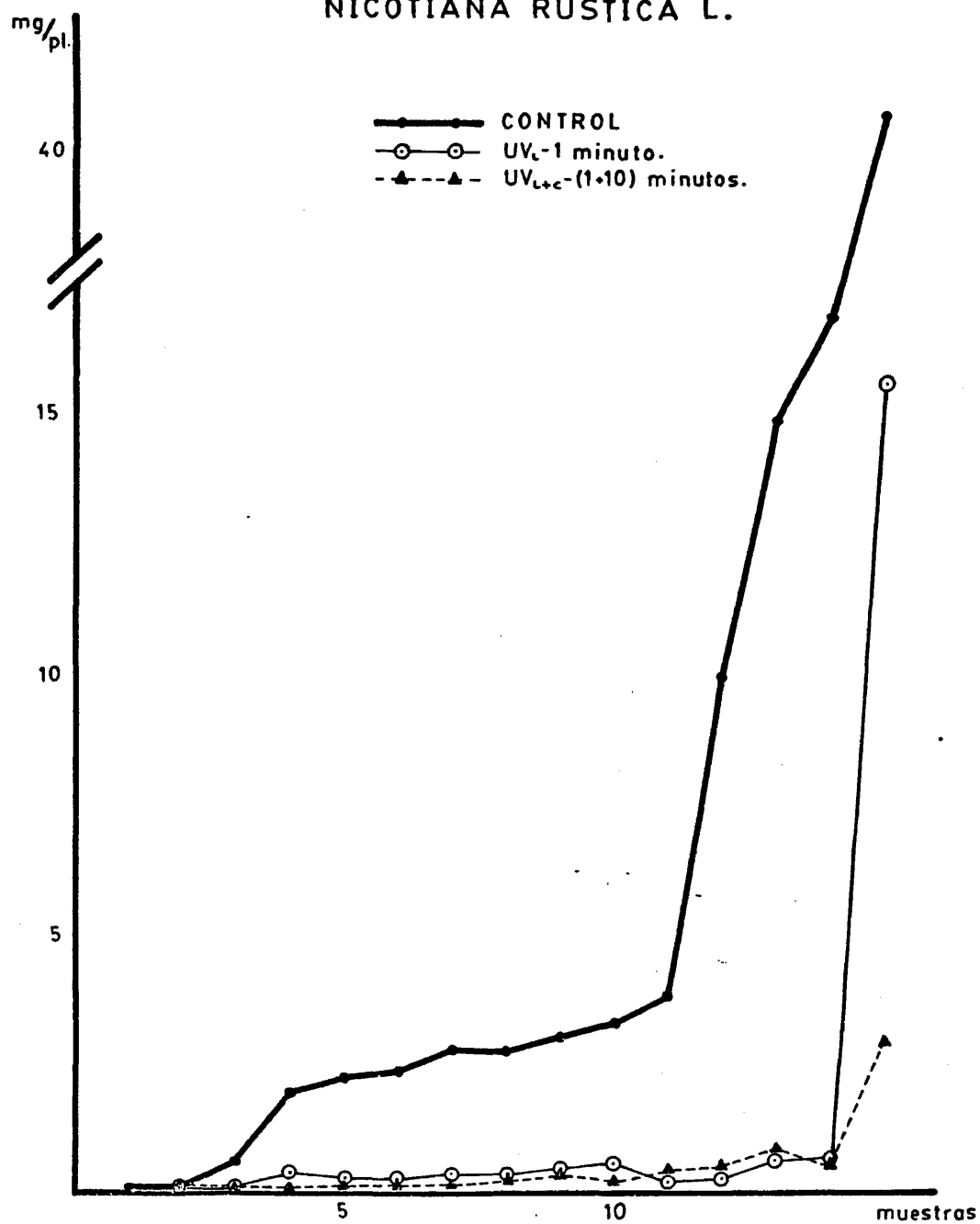


FIG.IV-10.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila Total en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

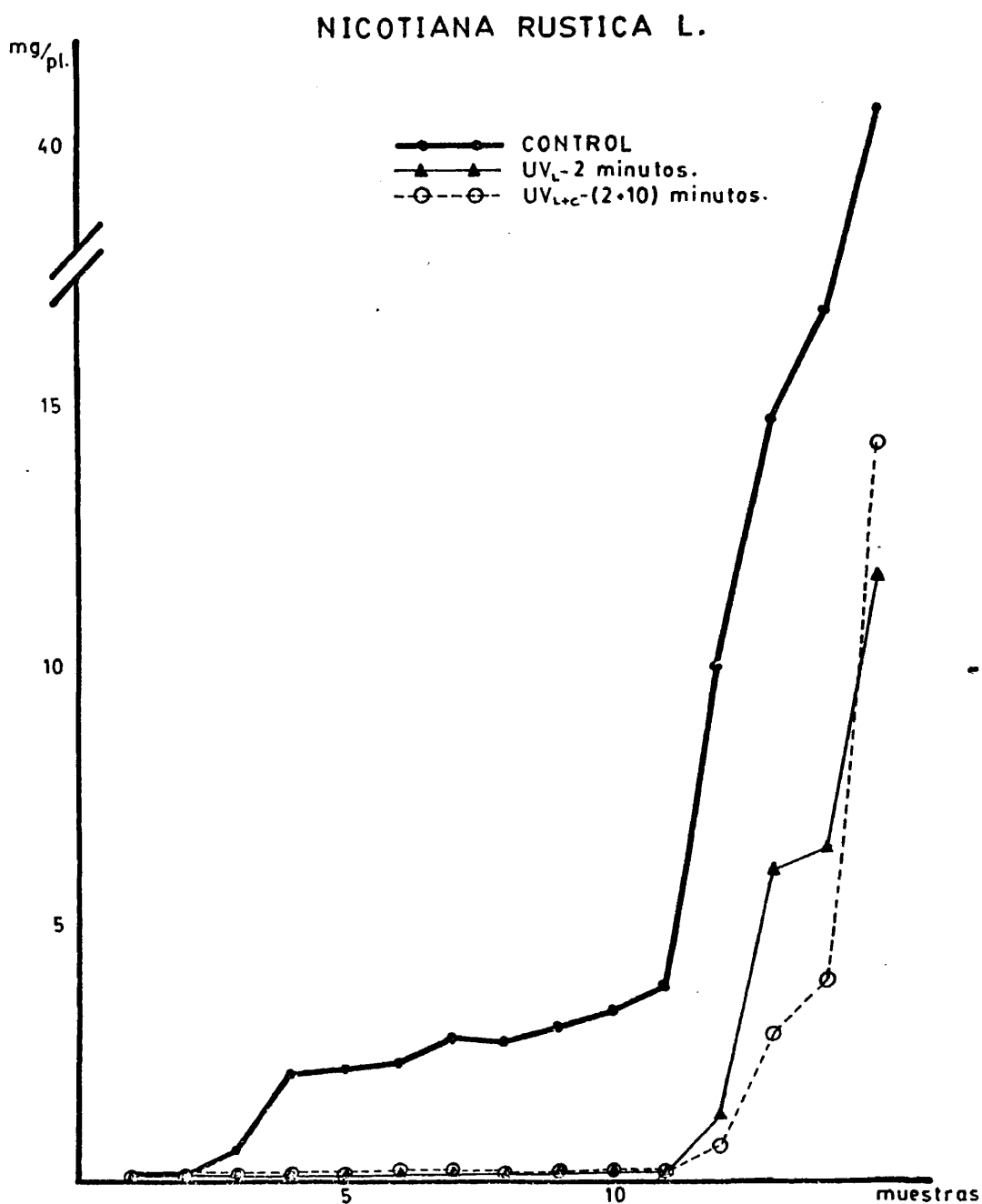


FIG.IV-11.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila Total en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

NICOTIANA RUSTICA L.

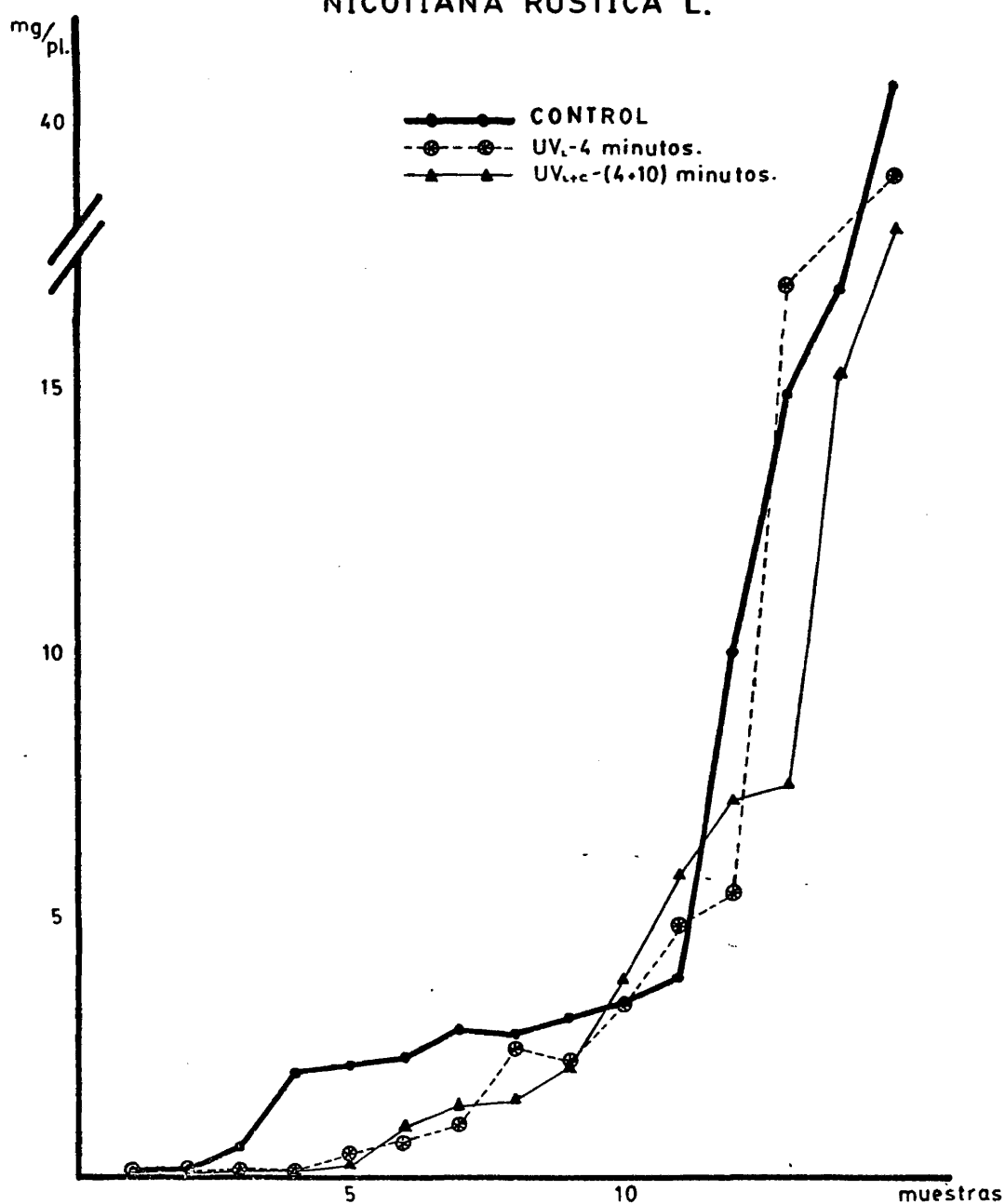


FIG.IV-12.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila Total en plantas de *N.rustica* L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

TABLA IV-7

Contenido de Clorofila a, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano (UV_L)

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
1ª	0,058	0,032	0,017	0,005
2ª	0,142	0,055	0,033	0,008
3ª	0,473	0,102	0,052	0,025
4ª	1,439	0,248	0,031	0,083
5ª	1,535	0,241	0,056	0,262
6ª	1,703	0,216	0,055	0,482
7ª	2,053	0,268	0,072	0,695
8ª	1,919	0,284	0,051	1,592
9ª	2,513	0,388	0,139	1,367
10ª	2,228	0,382	0,127	1,976
11ª	2,631	0,142	0,107	2,919
12ª	6,679	0,320	0,825	3,229
13ª	9,759	0,463	3,517	10,245
14ª	11,030	0,347	3,827	11,160
15ª	26,545	4,123	7,049	22,572

NICOTIANA RUSTICA L.

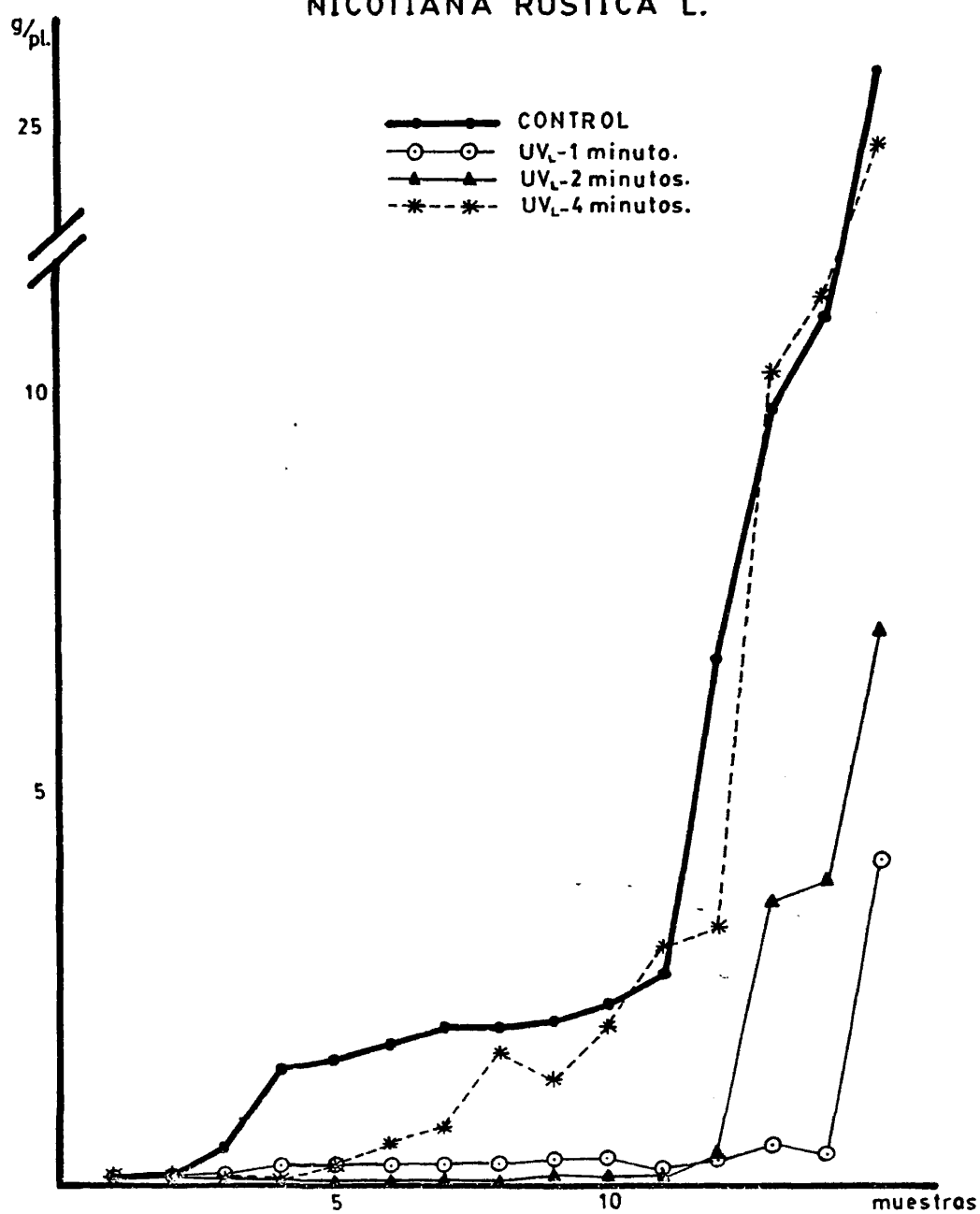


FIG.IV-13.-Contenido de Clorofila a en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L.

TABLA IV-8

Contenido de Clorofila a, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	UV _{L+C} -(1+10)	UV _{L+C} -(2+10)	UV _{L+C} -(4+10)
1ª	0,058	0,033	0,016	0,005
2ª	0,142	0,063	0,021	0,008
3ª	0,473	0,106	0,030	0,024
4ª	1,439	0,130	0,057	0,139
5ª	1,535	0,112	0,058	0,275
6ª	1,703	0,119	0,051	0,671
7ª	2,053	0,130	0,071	1,003
8ª	1,919	0,211	0,073	1,116
9ª	2,513	0,328	0,083	1,260
10ª	2,228	0,174	0,084	2,397
11ª	2,631	0,300	0,102	3,834
12ª	6,679	0,369	0,396	4,776
13ª	9,759	0,582	1,909	5,000
14ª	11,030	0,435	2,638	9,052
15ª	26,545	0,572	4,931	12,107

NICOTIANA RUSTICA L.

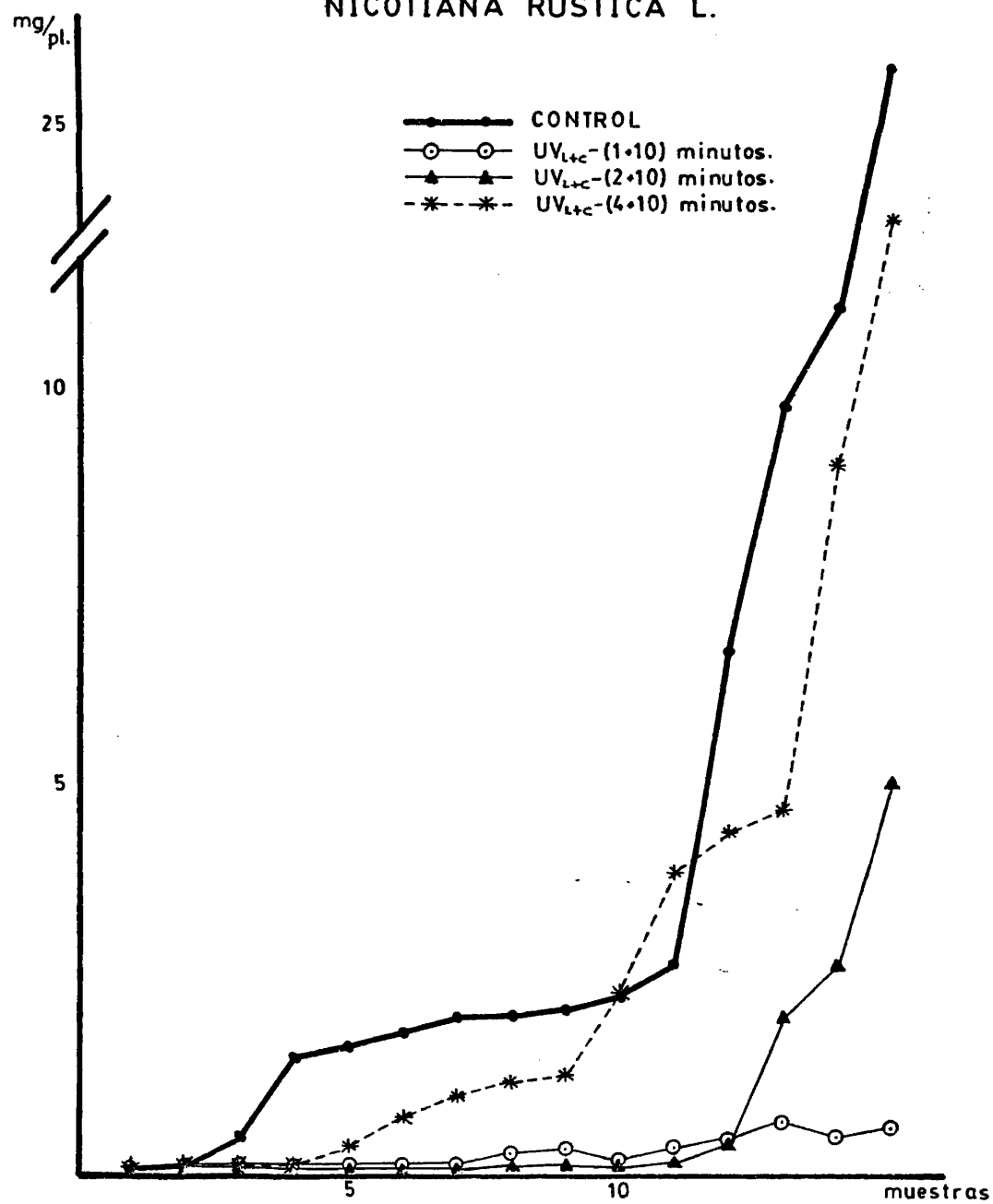


FIG.IV-14.-Contenido de Clorofila a en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_{L+c}.

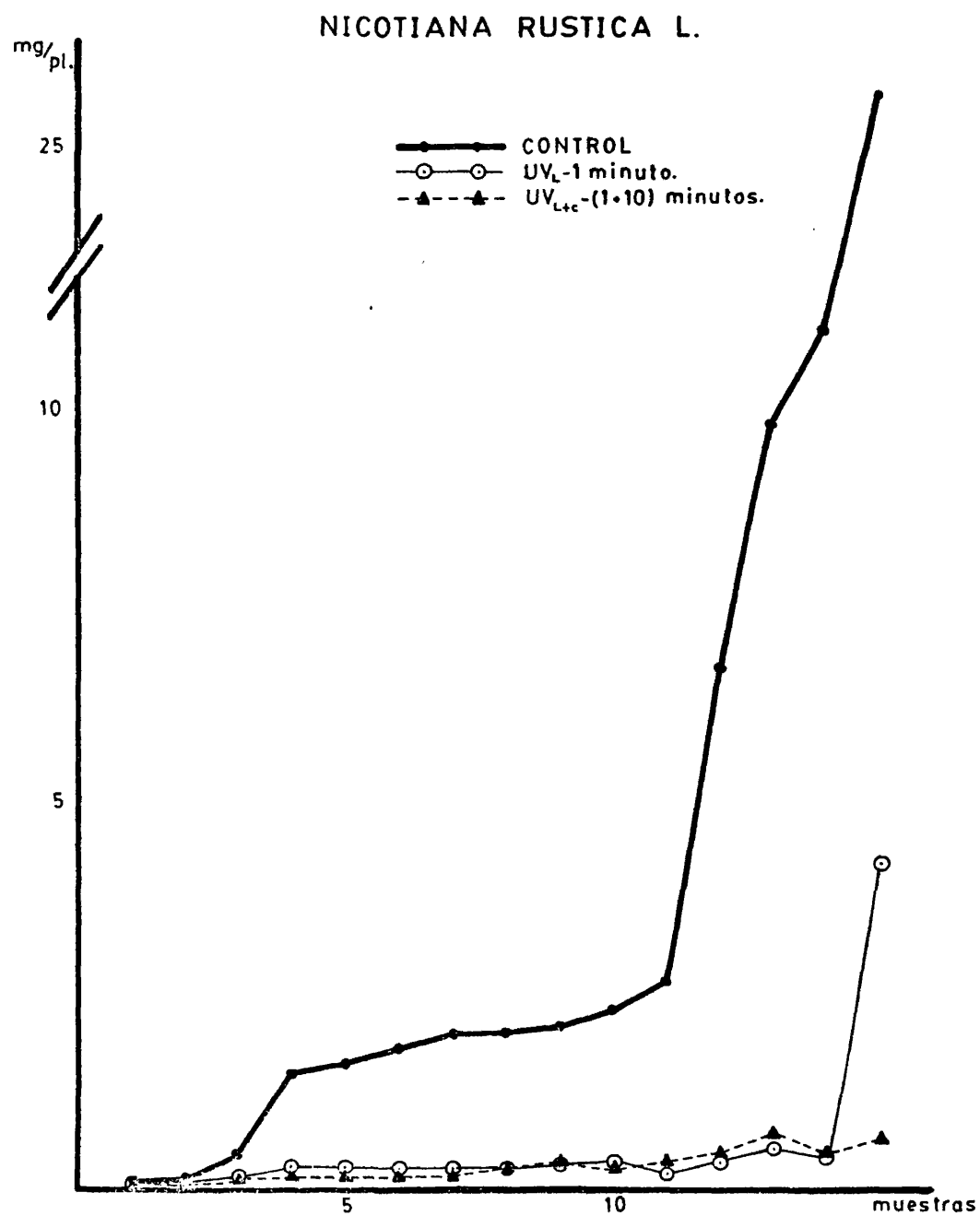


FIG.IV-15.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila *a* en plantas de *N.rustica* L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

NICOTIANA RUSTICA L.

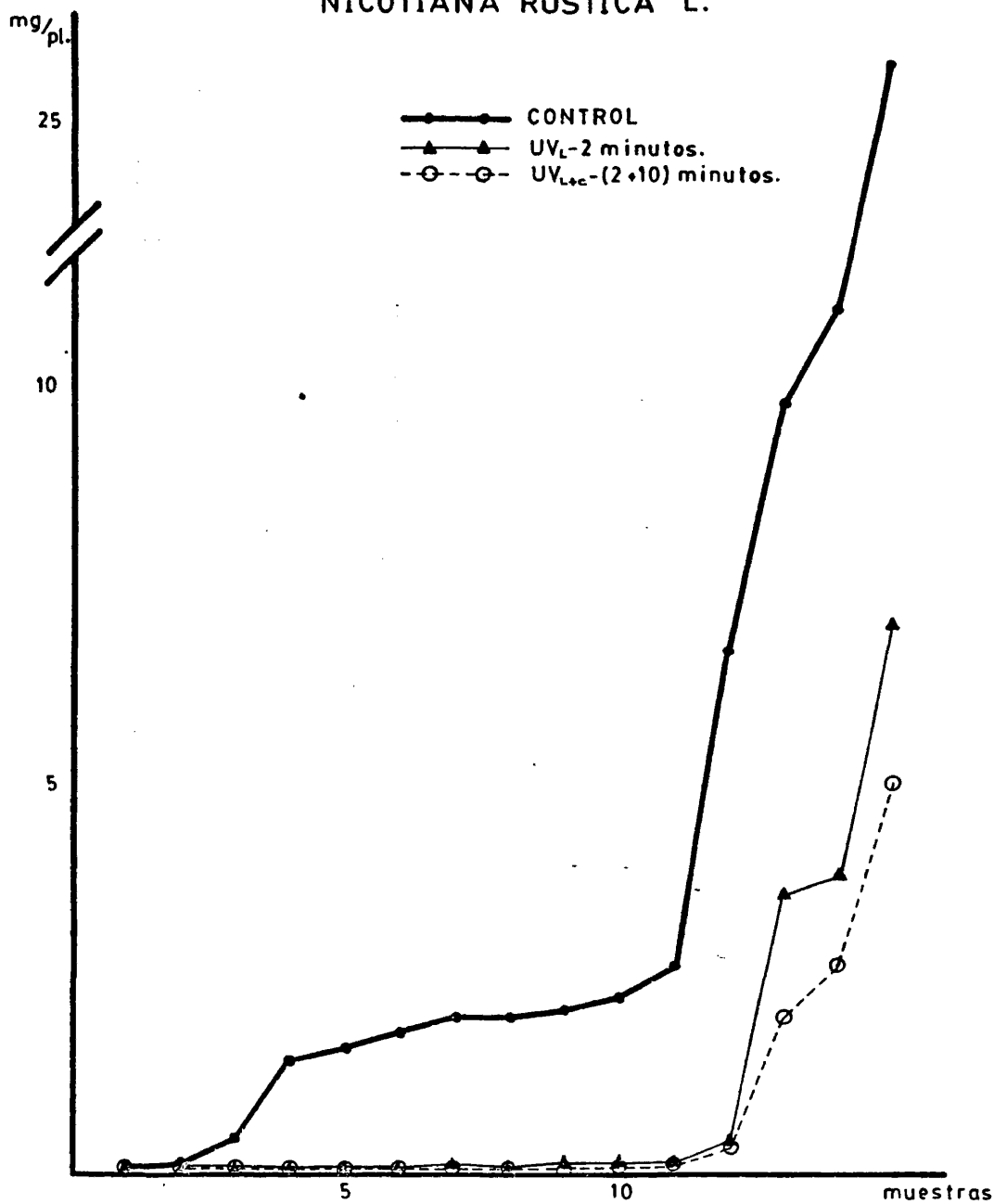


FIG.IV-16.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila *a* en plantas de *N.rustica* L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

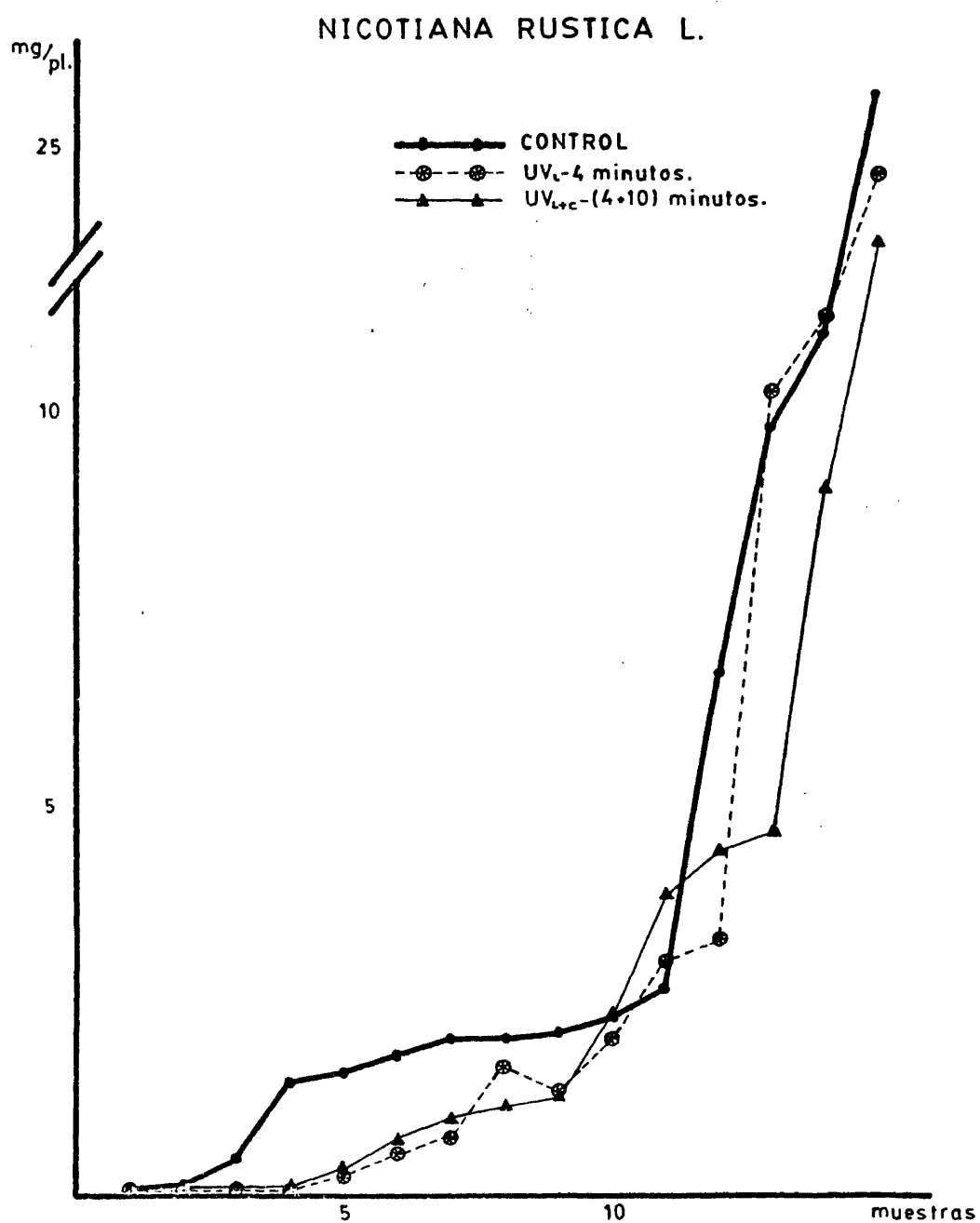


FIG.IV-17.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila *a* en plantas de *N.rustica* L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

TABLA IV-9

Contenido de Clorofila b, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
1ª	0,016	0,009	0,005	0,002
2ª	0,046	0,018	0,010	0,003
3ª	0,181	0,048	0,033	0,006
4ª	0,674	0,156	0,040	0,065
5ª	0,671	0,099	0,025	0,140
6ª	0,686	0,105	0,024	0,221
7ª	0,757	0,202	0,019	0,362
8ª	0,840	0,163	0,017	0,924
9ª	1,005	0,189	0,096	0,876
10ª	1,137	0,246	0,048	1,403
11ª	1,193	0,124	0,034	1,909
12ª	2,437	0,179	0,397	2,222
13ª	5,156	0,296	2,575	6,607
14ª	5,964	0,355	2,588	9,514
15ª	14,405	3,683	4,632	11,816

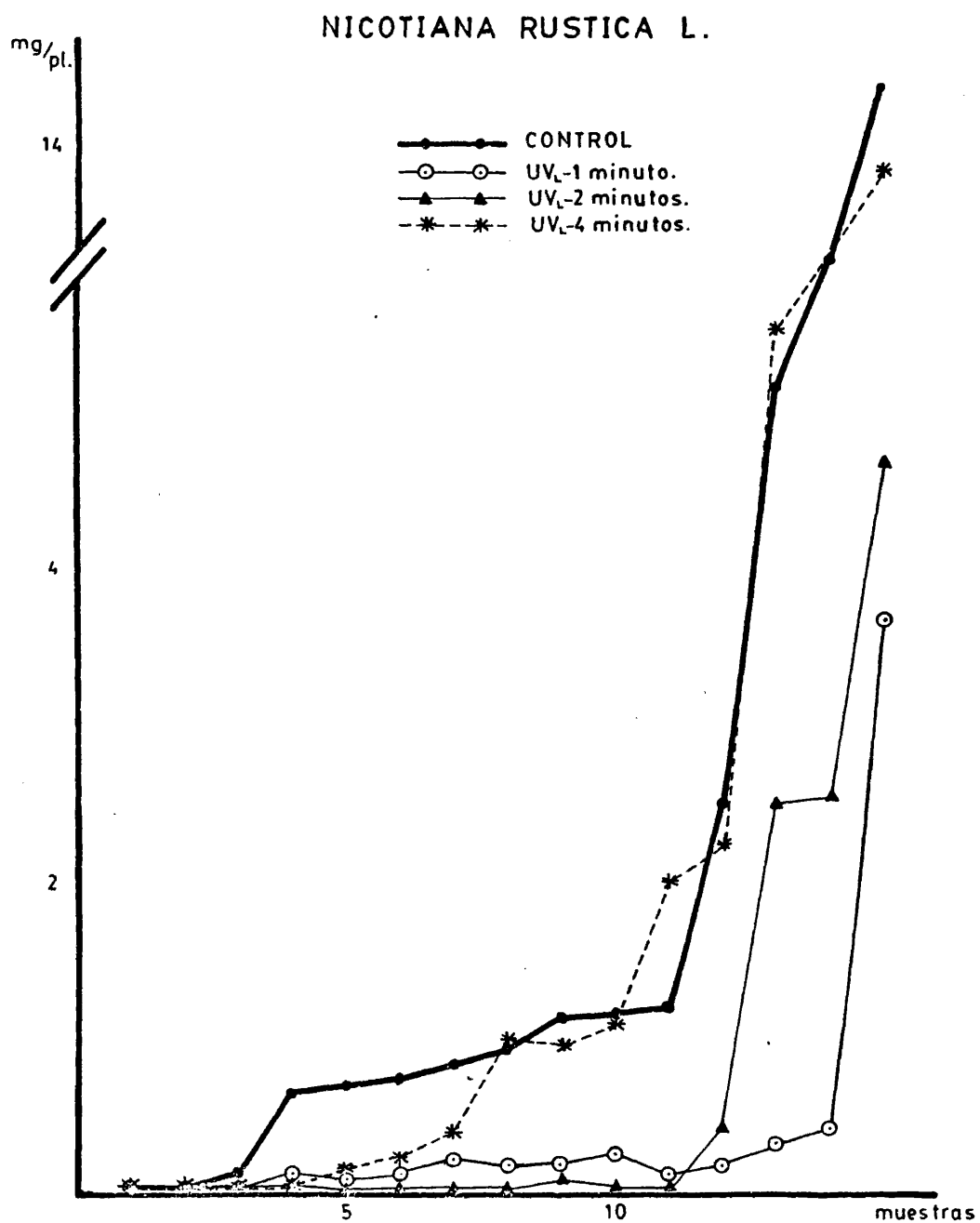


FIG.IV-18.-Contenido de Clorofila b en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L.

107

TABLA IV-10

Contenido de Clorofila b, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	UV _{L+C} -(1+10)	UV _{L+C} -(2+10)	UV _{L+C} -(4+10)
1ª	0,016	0,012	0,005	0,001
2ª	0,046	0,020	0,032	0,002
3ª	0,181	0,038	0,009	0,007
4ª	0,674	0,061	0,025	0,045
5ª	0,671	0,026	0,014	0,105
6ª	0,686	0,047	0,020	0,341
7ª	0,757	0,045	0,019	0,795
8ª	0,840	0,079	0,040	0,801
9ª	1,005	0,163	0,026	0,904
10ª	1,137	0,081	0,031	1,444
11ª	1,193	0,132	0,039	2,010
12ª	2,437	0,195	0,221	2,599
13ª	5,156	0,318	0,939	2,526
14ª	5,964	0,255	1,328	6,303
15ª	14,405	0,439	2,235	8,793

NICOTIANA RUSTICA L.

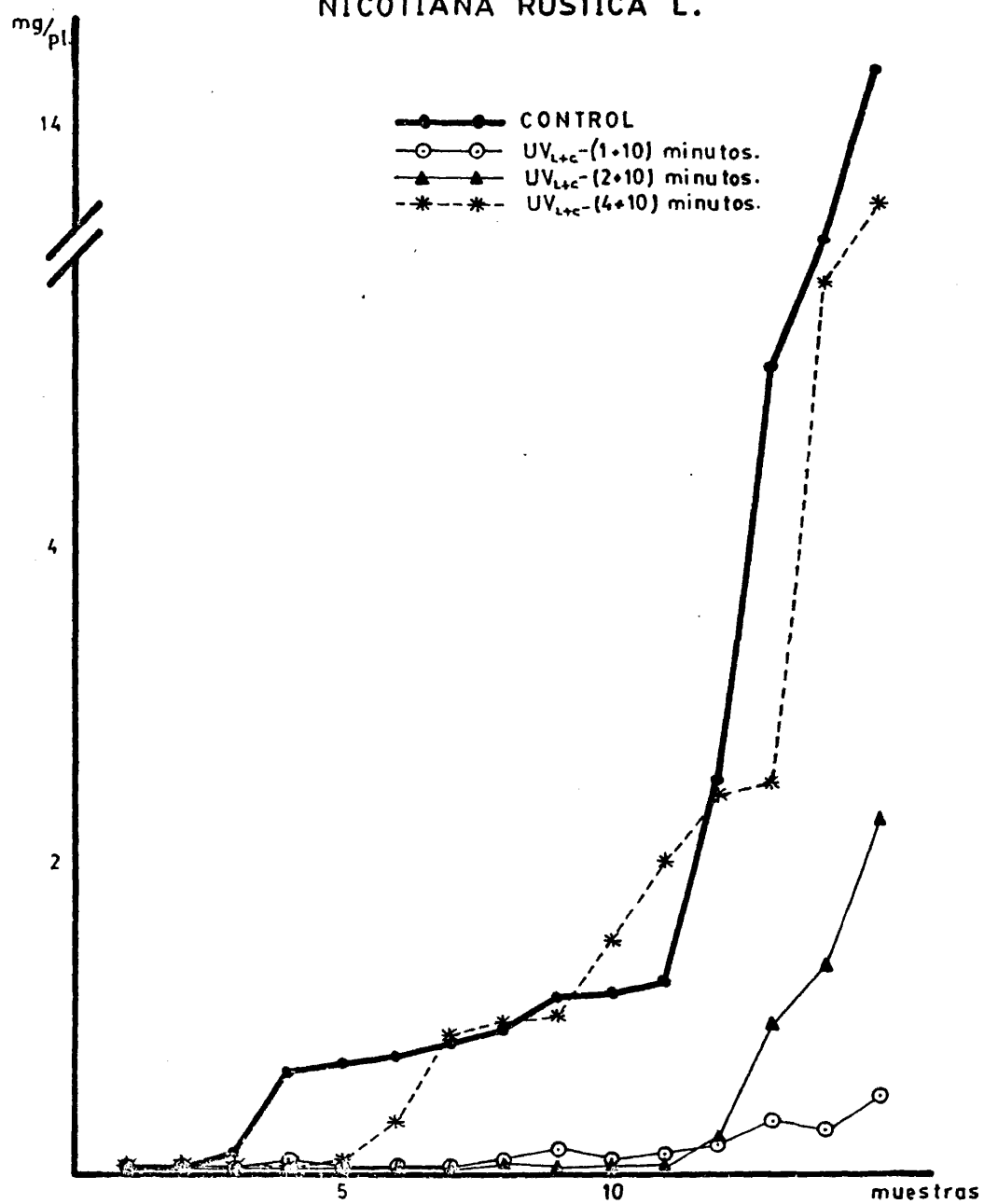


FIG.IV-19.-Contenido de Clorofila *b* en plantas de *N.rustica* L. irradiadas con UV_{L+c}.

NICOTIANA RUSTICA L.

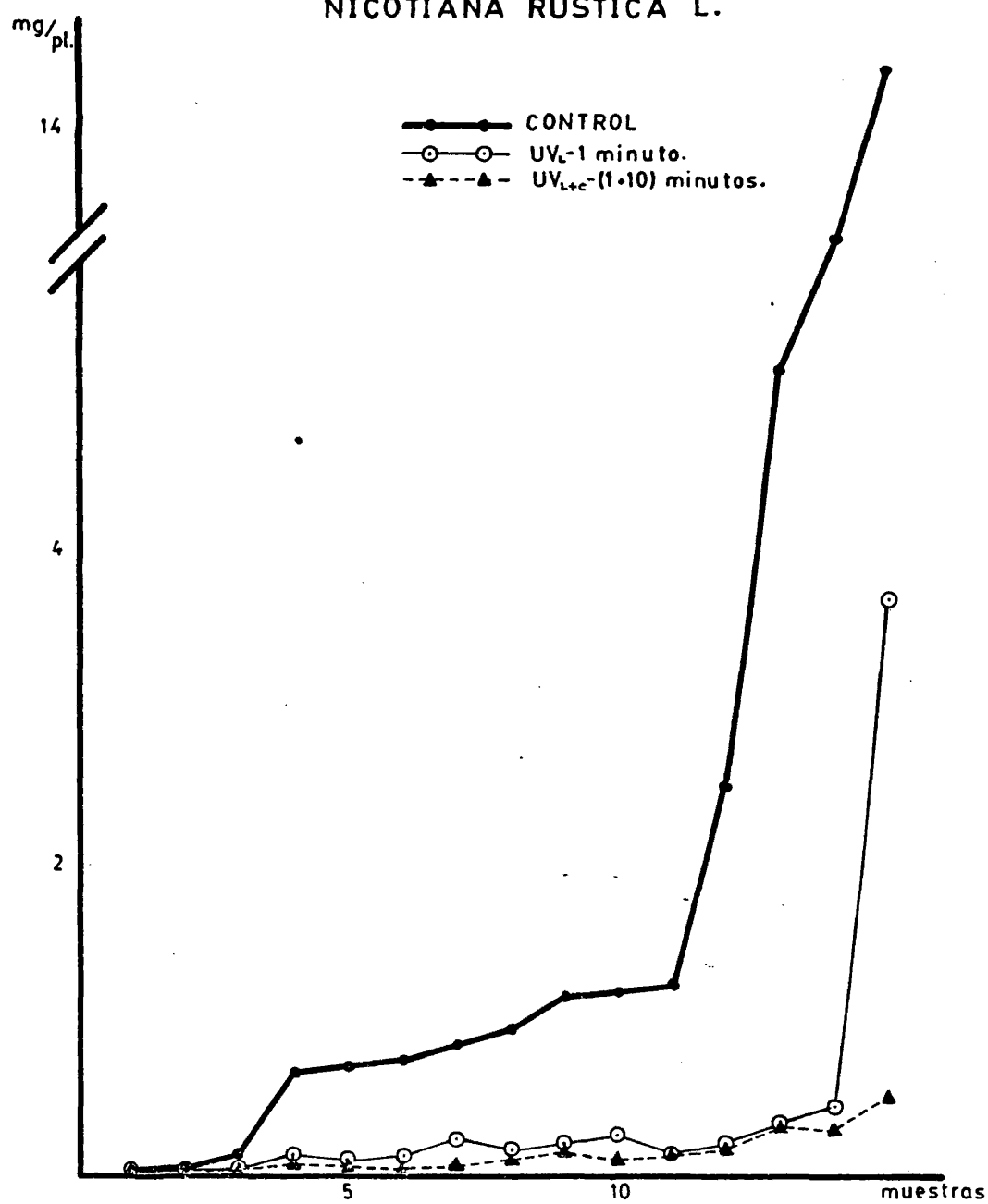


FIG.IV-20.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila b en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

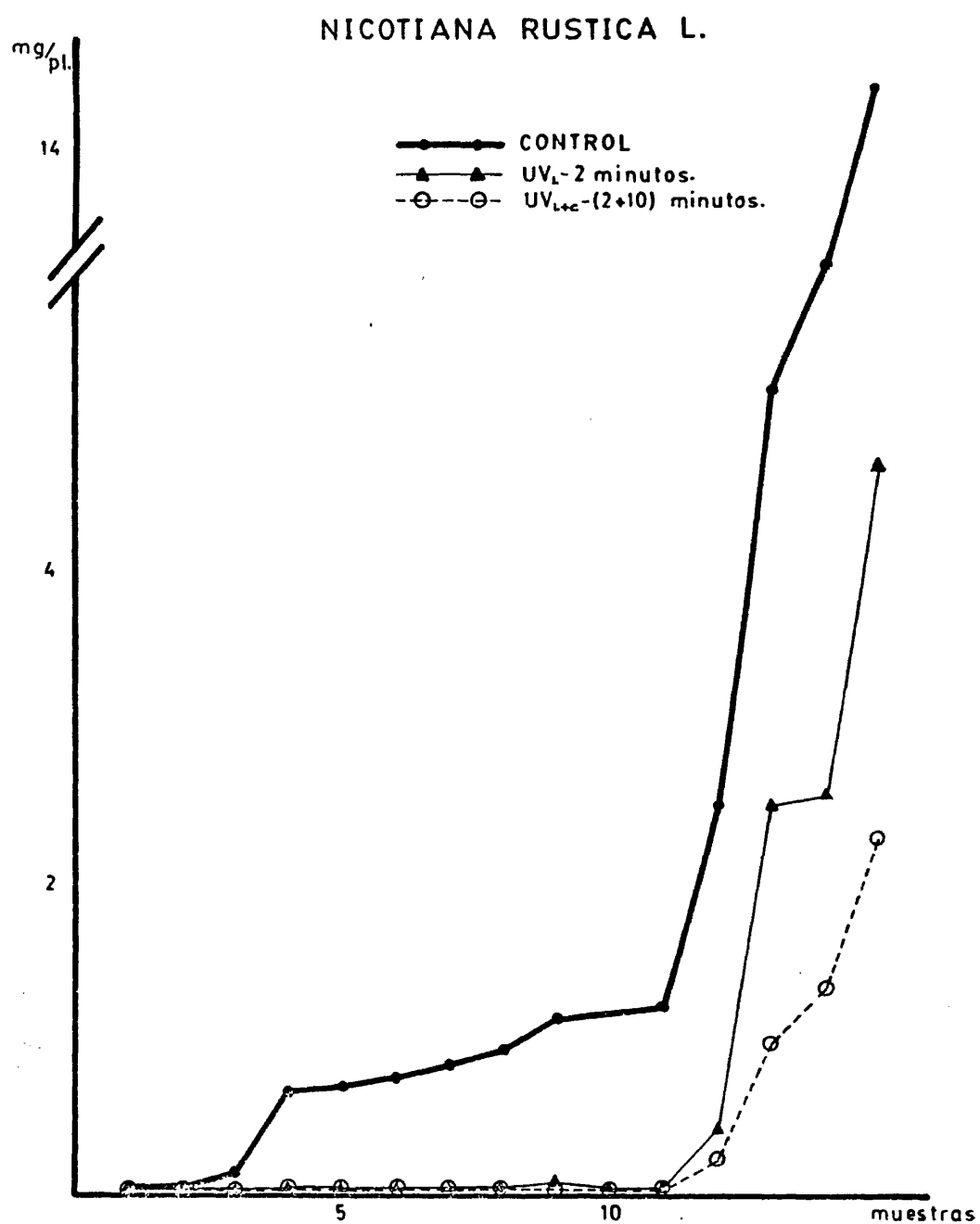


FIG.IV-21.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila b en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

NICOTIANA RUSTICA L.

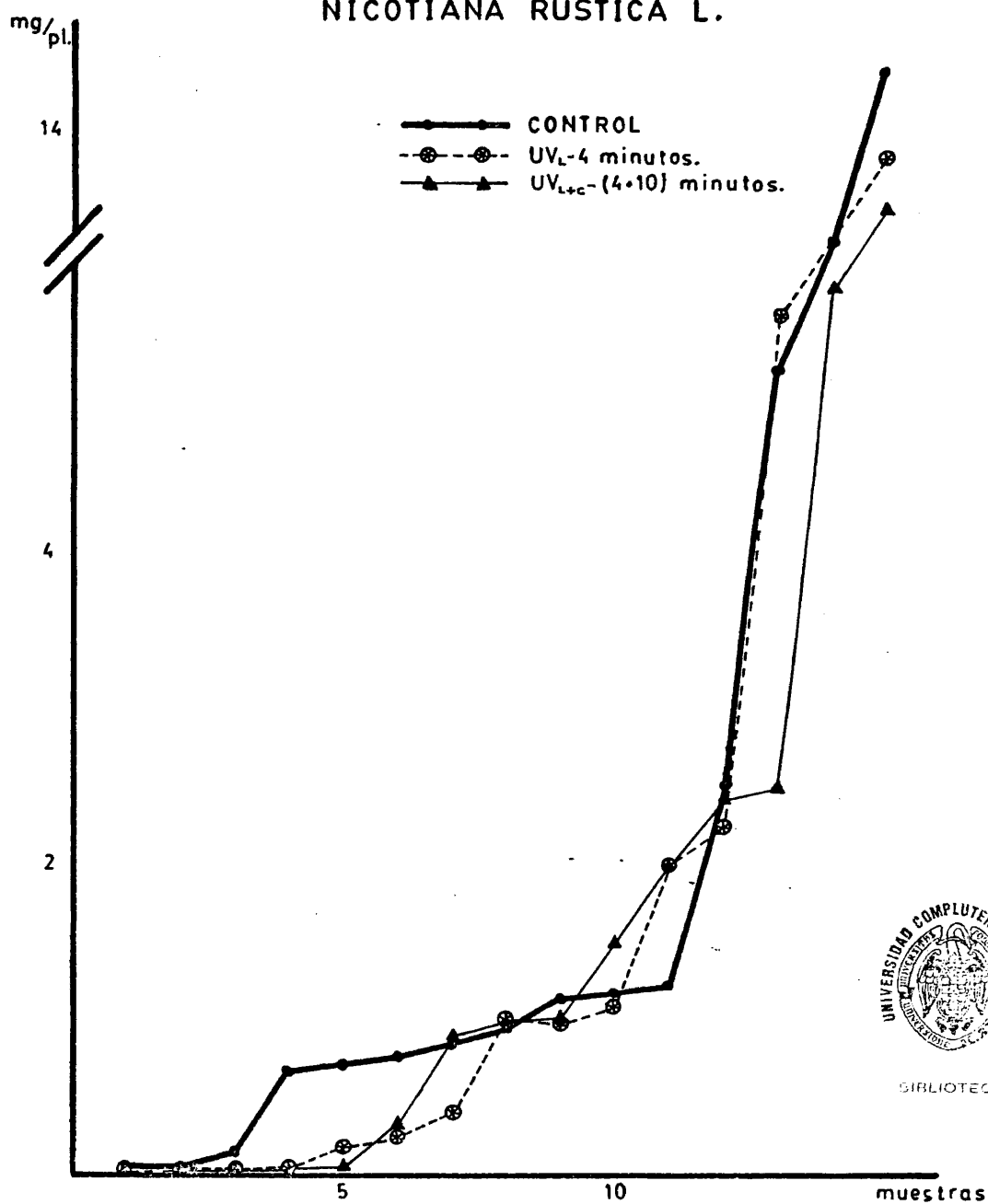


FIG.IV-22.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila b en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

IV.1.4.- Contenido de Carotenoides Totales

Paralelamente a lo ocurrido para los niveles de clorofila a y b, también el contenido de carotenoides fue aumentando en las plantas Control a lo largo de todo el ciclo vegetativo de las mismas. En los lotes tratados, la variación estaba en función del tipo de irradiación recibida y del tiempo de exposición.

En aquellos lotes que sólo recibieron dosis con UV-lejano, al comienzo de la experiencia los niveles de carotenoides alcanzados en las plantas de N.rustica L. utilizadas presentaban el orden:

Control > UV_L-1 min. > UV_L-2 min. > UV_L-4 min.

Este orden varió cuando fue suprimida la irradiación con UV-lejano en alguno de los lotes tratados y cuando esto ocurrió, el lote que no recibía ningún tipo de tratamiento con UV-lejano, comenzaba su recuperación hasta alcanzar elevados niveles de carotenoides, pero siempre inferiores a las plantas Control.

Por la gravedad de las lesiones sufridas, el cese de irradiación con UV-lejano comenzó por los lotes cuyo tiempo de exposición al mismo era mayor, siendo UV_L-4 minutos el lote que primero se dejó de irradiar, seguido de UV_L-2 minutos y UV_L-1 minuto. En consecuencia, en las etapas intermedias el lote UV_L-4 minutos presentó niveles de carotenoides que seguían en orden inmediato a los de las plantas Control, pero bastante alejados de los otros

lotes todavía tratados con UV-lejano. La rápida interrupción en el tratamiento con UV-lejano, llevó al lote UV_L-4 minutos a una recuperación y rápido ascenso en el contenido de estos pigmentos.

Al final de la experiencia, por el mismo motivo, el lote UV_L-1 minuto era el que presentaba menor contenido de carotenoides totales, por ser el último en dejar de recibir tratamiento con UV-lejano. En consecuencia, el contenido en carotenoides totales, en plantas de N.rustica L. tratadas con UV-lejano, en esta experiencia lo es con el siguiente orden:

Control > UV_L-4 min. > UV_L-2 min. > UV_L-1 min.

La TABLA IV-11 indica los valores de carotenoides totales, expresados en mg, en plantas de N.rustica L. tratadas con UV-lejano y la FIGURA IV - 23 la representación gráfica de los valores indicados anteriormente.

Los lotes de plantas irradiados con UV-lejano seguidos de UV-cercano, presentaron unos niveles de carotenoides totales bastante inferiores a las plantas Control. Al comienzo de la experiencia los valores de Carotenoides Totales para distintos lotes de plantas, fue el siguiente:

Control > $UV_{L+C}-(1+10)$ > $UV_{L+C}-(2+10)$ > $UV_{L+C}-(4+10)$

Este orden comenzó a variar desde el momento en que se suprimió el tratamiento con UV-lejano, continuando con UV-cercano en cada lote, provocando un rápido aumento en el contenido de carotenoides totales que comienza por

el lote $UV_{L+C}-(4+10)$ minutos, primero en dejar de recibir irradiación con UV-lejano. El incremento de carotenoides totales experimentado por el lote citado, fue bastante inferior al nivel presentado por las plantas Control.

La supresión de la irradiación con UV-lejano al lote $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos, produjo un rápido aumento en el contenido de carotenoides totales en el lote indicado, pero fue inferior al lote Control y al lote $UV_{L+C}-(4+10)$ -minutos, que sólo recibía tratamiento con UV-cercano.

La experiencia para los valores de carotenoides totales mostró el siguiente orden:

$$\text{Control} > UV_{L+C}-(4+10) > UV_{L+C}-(2+10) > UV_{L+C}-(1+C)$$

El lote $UV_{L+C}-(1+10)$ minutos, que sólo recibía dosis de UV-cercano, fue el que presentó menor nivel de carotenoides totales al final de la experiencia, no observándose apenas recuperación al cesar la irradiación con UV-lejano en el momento de la toma de muestra.

La TABLA IV-12 muestra los valores de Carotenoides Totales, expresados en mg, en plantas de N.rustica L. tratadas con UV-lejano + UV-cercano y la FIGURA IV-24 gráficamente los valores indicados anteriormente.

En el estudio comparativo de los valores de carotenoides totales alcanzados en los lotes tratados con UV-lejano y con UV-lejano + UV-cercano, pudo observarse como las plantas a las que fue suprimida la irradiación con UV-lejano, presentaron unos niveles superiores a las que continuaban recibiendo dosis de UV-cercano.

Los valores de carotenoides totales alcanzados por los lotes UV_L-4 minutos y $UV_{L+C}-(4+10)$ minutos fueron los más cercanos a los lotes Control, debido a que fueron los primeros en dejar de recibir irradiación con UV-lejano. Sin embargo el lote $UV_{L+C}-(4+10)$ minutos que recibía dosis diarias de 10 minutos con UV-cercano, presentó niveles inferiores al lote UV_L-4 minutos que no recibía, en ese momento, ningún tipo de tratamiento.

Resultados similares fueron obtenidos para los lotes UV_L-2 minutos, $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos, UV_L-1 minuto y $UV_{L+C}-(1+10)$ minutos. En estos dos últimos la diferencia de valores respecto del lote Control, era mucho más acusada al ser estas plantas las que dejaron de recibir en último lugar tratamiento con UV-lejano.

Las FIGURAS IV-25, IV-26 y IV-27, representan los valores de Carotenoides Totales, expresados en mg, en estudio comparativo de los efectos del UV-lejano y de UV-lejano + UV-cercano, para cada uno de los lotes de plantas de N. rustica L. tratados con dichas radiaciones.

TABLA IV-11

Contenido de Carotenoides Totales, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L.

MUESTRA	CONTROL	UV _L -1 min.	UV _L -2 min.	UV _L -4 min.
1ª	0,013	0,008	0,004	0,001
2ª	0,033	0,013	0,008	0,001
3ª	0,099	0,022	0,013	0,006
4ª	0,239	0,039	0,014	0,011
5ª	0,252	0,058	0,011	0,041
6ª	0,356	0,045	0,087	0,081
7ª	0,412	0,051	0,012	0,104
8ª	0,502	0,062	0,014	0,266
9ª	0,480	0,087	0,022	0,290
10ª	0,545	0,066	0,029	0,256
11ª	0,602	0,051	0,026	0,434
12ª	1,075	0,058	0,164	0,570
13ª	1,770	0,096	0,515	1,283
14ª	2,095	0,062	0,552	1,329
15ª	5,080	0,452	0,801	4,225

NICOTIANA RUSTICA L.

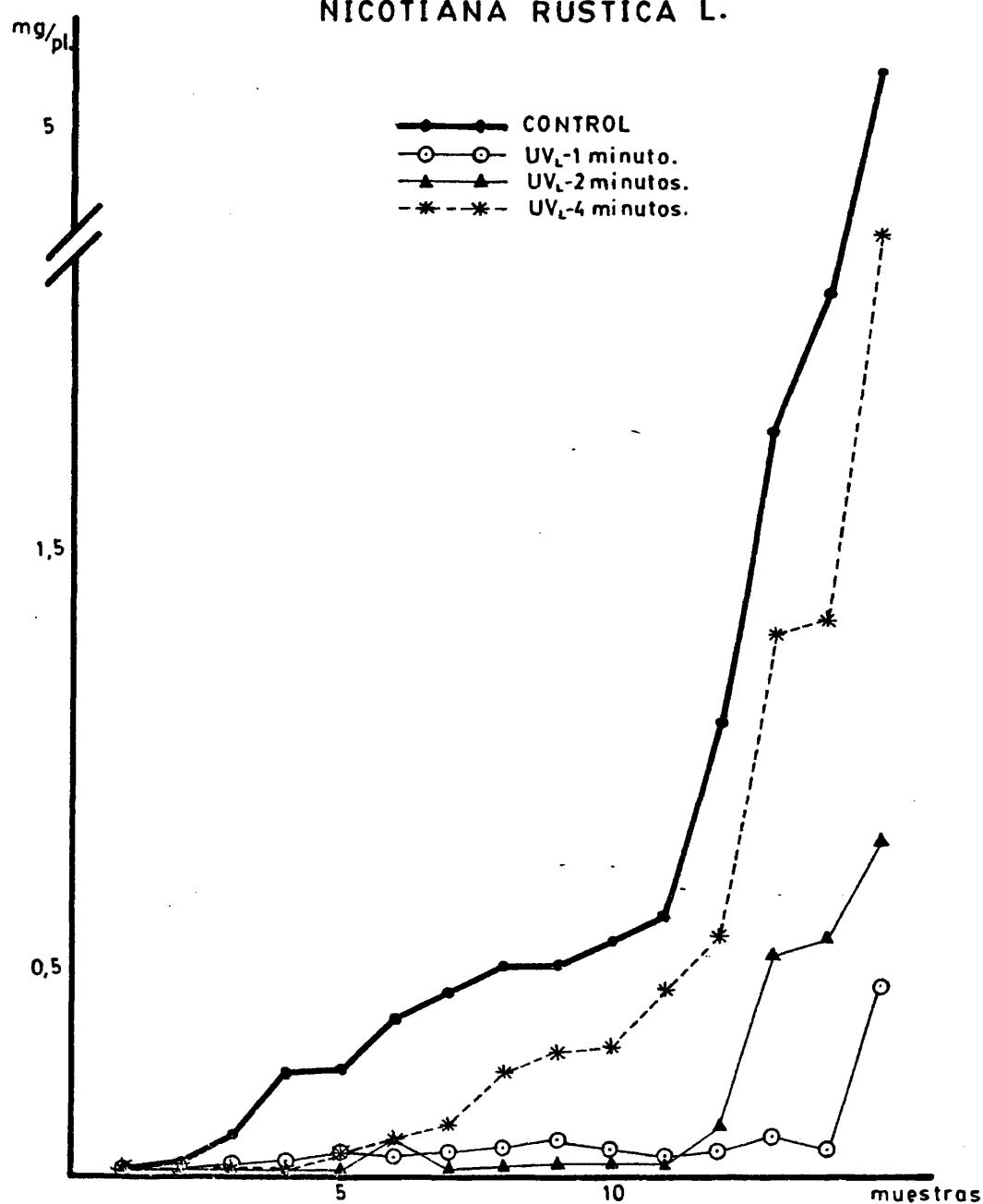


FIG.IV-23.-Contenido de Carotenoides Totales en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L.

TABLA IV-12

Contenido de Carotenoides Totales, expresados en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	UV _{L+C} -(1+10)	UV _{L+C} -(2+10)	UV _{L+C} -(4+10)
1ª	0,013	0,007	0,004	0,001
2ª	0,033	0,075	0,006	0,002
3ª	0,099	0,027	0,007	0,006
4ª	0,239	0,026	0,011	0,029
5ª	0,252	0,032	0,017	0,051
6ª	0,356	0,028	0,013	0,079
7ª	0,412	0,035	0,017	0,168
8ª	0,502	0,058	0,015	0,248
9ª	0,480	0,072	0,020	0,198
10ª	0,545	0,035	0,016	0,332
11ª	0,602	0,064	0,022	0,662
12ª	1,075	0,084	0,065	1,045
13ª	1,770	0,115	0,375	1,209
14ª	2,095	0,134	0,456	1,403
15ª	5,080	0,112	0,918	2,170

NICOTIANA RUSTICA L.

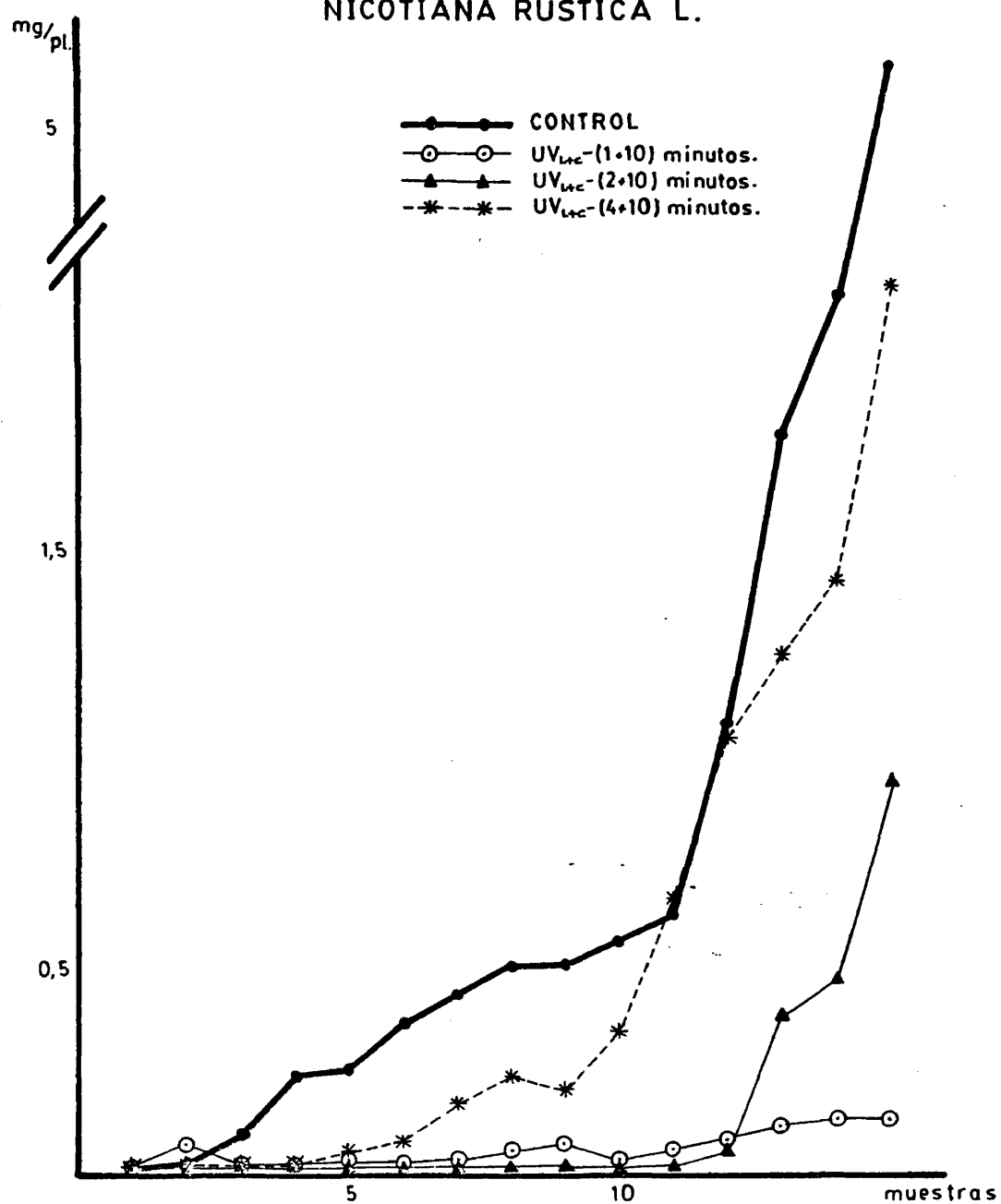


FIG.IV-24.-Contenido de Carotenoides Totales en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_{L+c}.

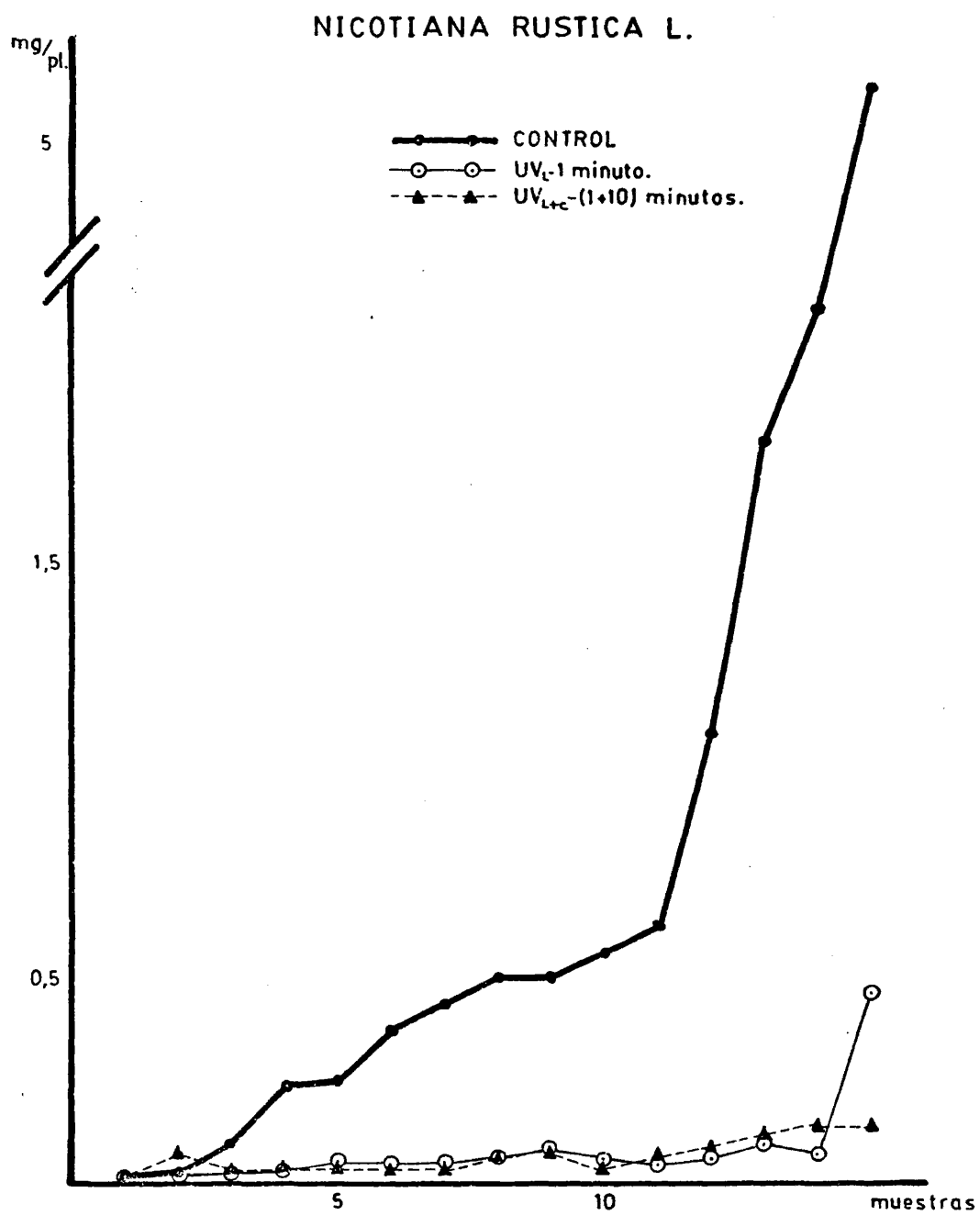


FIG.IV-25.-Estudio comparativo del contenido de Carotenoides Totales en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

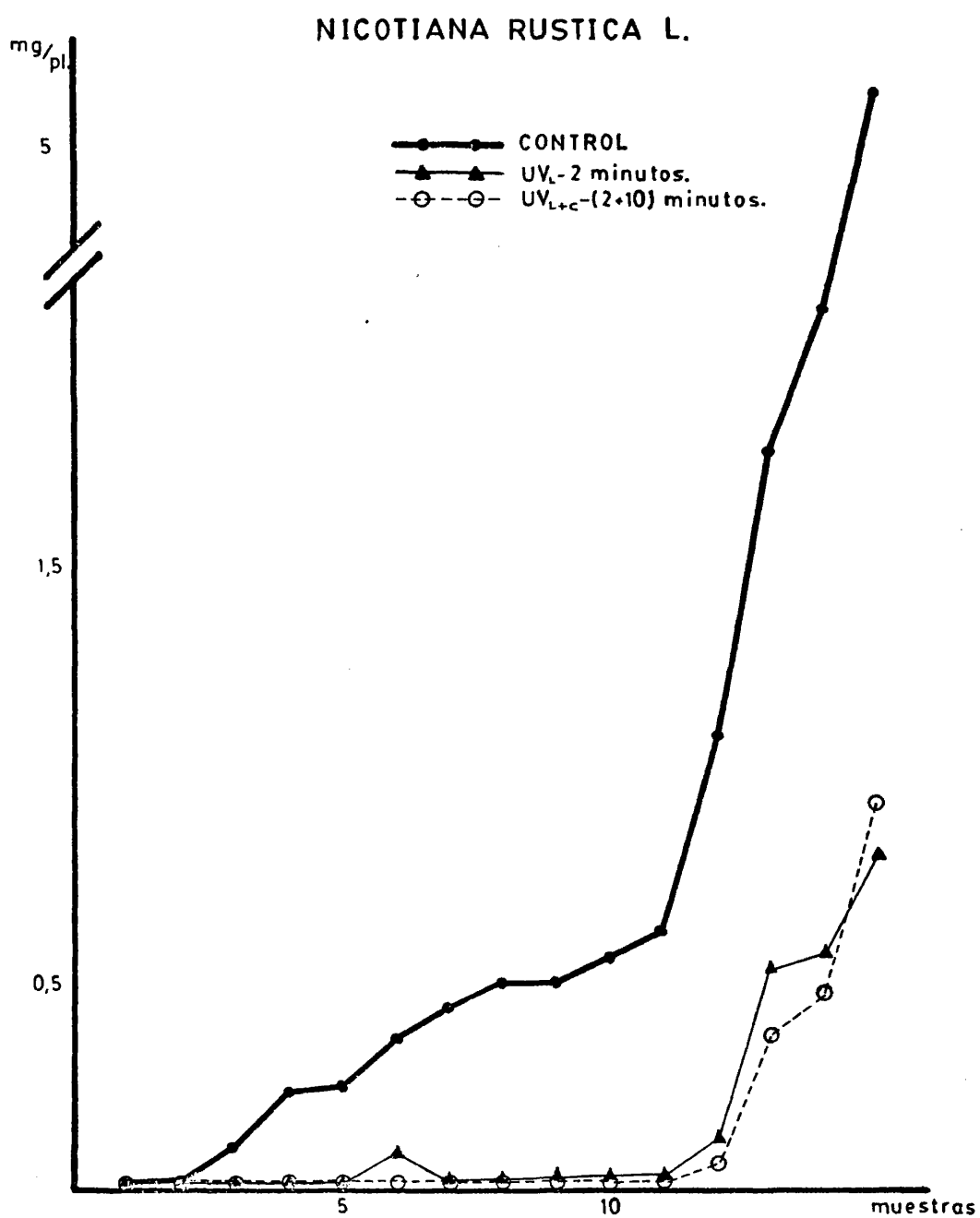


FIG.IV-26.-Estudio comparativo del contenido de Carotenoides Totales en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

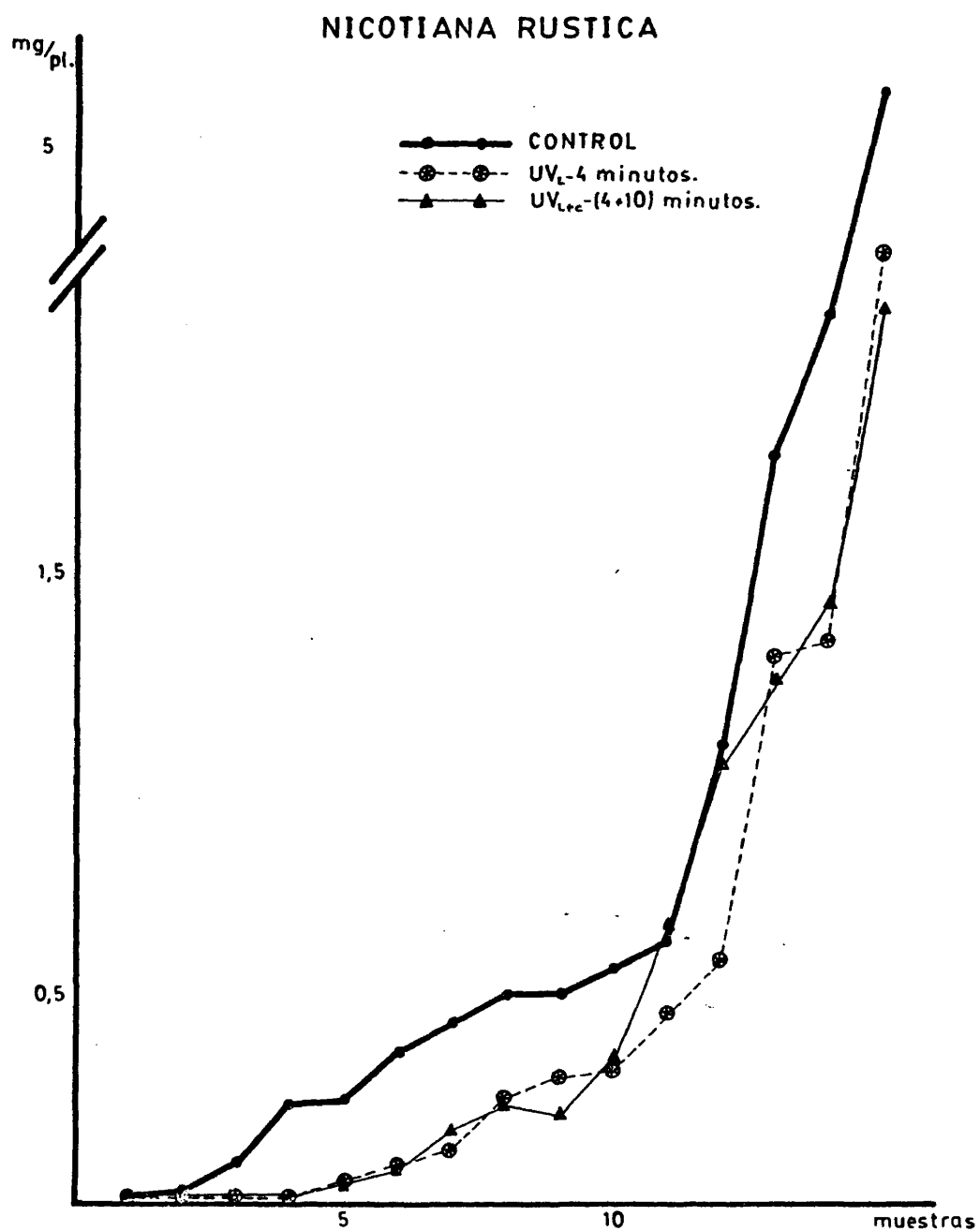


FIG.IV-27.-Estudio comparativo del contenido de Carotenoides Totales en plantas de N.rustica L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

IV.2.- HORDEUM DISTICHON L., Sp. Pl.85 (1753)

IV.2.1.- Crecimiento y Desarrollo de las Plantas

La germinación de las plantas comienza a los tres días de la siembra, finalizando al cabo de una semana en todos los lotes utilizados en la experiencia.

El crecimiento post-germinación continuó de forma regular en todas las plantas de H. distichon L. durante los primeros días de la experiencia, con ausencia de diferencias aparentes entre los lotes irradiados con UV y los lotes Control.

A los 10 días de edad, comenzó a observarse una palidez foliar en las plantas de H. distichon L. pertenecientes a los lotes UV_L-4 minutos y $UV_{L+C}-(4\pm 10)$ minutos, que recibían la máxima dosis de irradiación UV-lejano.

En los lotes UV_L-2 minutos y $UV_{L+C}-(2\pm 10)$ minutos los efectos producidos por la irradiación con UV se manifestaron a los 11 días de la siembra y pocos días más tarde, efectos similares comenzaron en los lotes UV_L-1 minuto y $UV_{L+C}-(1\pm 10)$ minutos. (FOTOGRAFÍAS IX-A, IX-B, IX-C, IX-D, IX-E y IX-F).

A los 17 días de tratamiento con UV, ante el alto grado de lesiones presentadas por las plantas, se interrumpió la irradiación con UV-lejano en los lotes UV_L-4 minutos y $UV_{L+C}-(4\pm 10)$ minutos, continuando éste último lote recibiendo dosis diarias de UV-cercano hasta el final

de la experiencia (FOTOGRAFIAS IX-C y IX-F). De esta forma se pudieron observar las respuestas de las plantas que ya no recibían tratamiento con UV-lejano y de aquéllas - que continuaban recibiendo ininterrumpidamente dosis de UV-cercano.

Las TABLAS III-7 y III-8 indican los tiempos totales de irradiación con UV-lejano y UV-lejano + UV-cercano, respectivamente, recibidos por los lotes UV_L-4 minutos y $UV_{L+C}-(4\pm 10)$ minutos para cada muestra.

Las lesiones presentadas por las plantas de H. distichon L. manifestaron una disminución aparente del crecimiento longitudinal, como consecuencia de los efectos perjudiciales del UV sobre la parte aérea, (TABLAS IV-13 y TABLA IV - 14).

Al 5º día de haber interrumpido la irradiación con UV-lejano, en los lotes UV_L-4 minutos y $UV_{L+C}-(4\pm 10)$ minutos, comienza en estas plantas una recuperación, siendo menos intensa en el lote de plantas que continuaba recibiendo dosis diarias de 10 minutos con UV-cercano. Las FIGURAS IV-30 y IV-33 representan gráficamente el crecimiento longitudinal de las plantas pertenecientes a los lotes UV_L-4 minutos y $UV_{L+C}-(4\pm 10)$ minutos, respectivamente.

Los efectos producidos por las radiaciones UV en el resto de los lotes aparecieron prontamente y debido a los daños presentados por los lotes UV_L-2 minutos y $UV_{L+C}-(2\pm 10)$ minutos, fue suprimida la irradiación con UV-lejano

en cada uno de ellos a los 23 días de tratamiento, sin embargo el lote $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos continuó recibiendo irradiación con UV-cercano hasta el final de la experiencia, para poder observar como en otros casos, las diferentes respuestas de las plantas de H. distichon L. con tratamiento adicional de UV-cercano, frente a aquéllas que carecían de todo tipo de irradiación.

Las TABLAS III-7 y III-8 indican para cada muestra, los tiempos totales de irradiación con UV-lejano y UV lejano + UV-cercano, para los lotes UV_L-2 minutos y $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos, respectivamente.

Durante los siguientes días, el crecimiento fue normal en las plantas Control y en el lote UV_L-4 minutos que no recibía ningún tipo de radiación. El lote $UV_{L+C}-(4+10)$ minutos que recibía dosis de UV-cercano, presentaba un crecimiento menor respecto de UV_L-4 minutos no irradiado, lo que demuestra la recuperación de las plantas al dejar el tratamiento con UV-lejano (FOTOGRAFIA X-E).

Los lotes UV_L-2 minutos y $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos, - que no recibían irradiación con UV-lejano, comenzaron a presentar síntomas de recuperación al 4º día de haber suprimido el tratamiento con la radiación indicada anteriormente (FOTOGRAFIAS X-B y X-D). Esta recuperación se manifestó a partir de la 4ª y 5ª muestras, aunque el crecimiento fue menor respecto de las plantas Control. El crecimiento longitudinal de los lotes UV_L-2 minutos y $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos se representa gráficamente en las FIGURAS IV-29 y IV-32, respectivamente.

PLANTAS DE HORDEUM DISTICHON L. DE 15 DIAS:

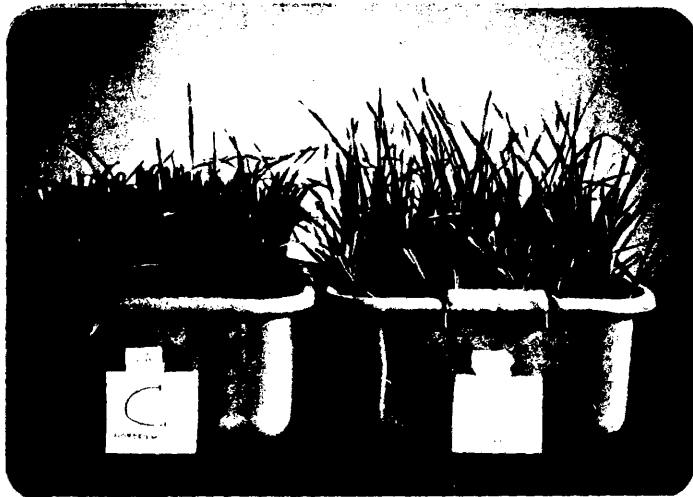
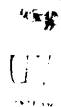
FOTOG. IX-A.- Visión comparativa entre el lote Control y
UV_L-1 min.

FOTOG. IX-B.- Visión comparativa entre el lote Control y
UV_L-2 min.

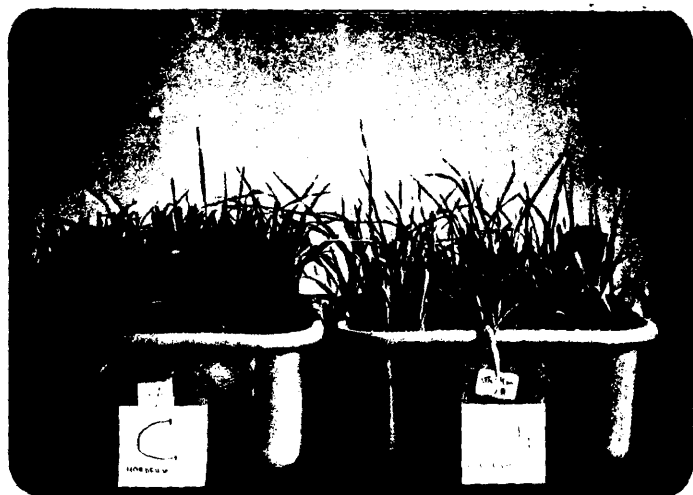
FOTOG. IX-C.- Visión comparativa entre el lote Control y
UV_L-4 min.



FOTOG.IX-A



FOTOG.IX-B



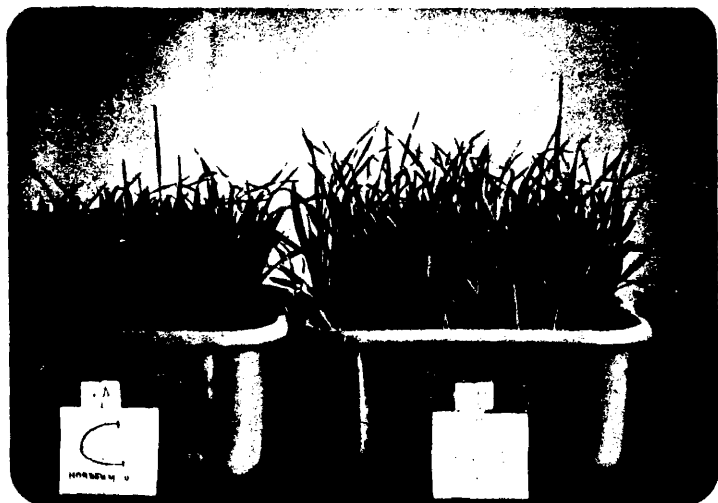
FOTOG.IX-C

(Cont.)

FOTOG. IX-D.- Visión comparativa entre el lote Control y
UV_{L+C}-(1+10).

FOTOG. IX-E.- Visión comparativa entre el lote Control y
UV_{L+C}-(2+10).

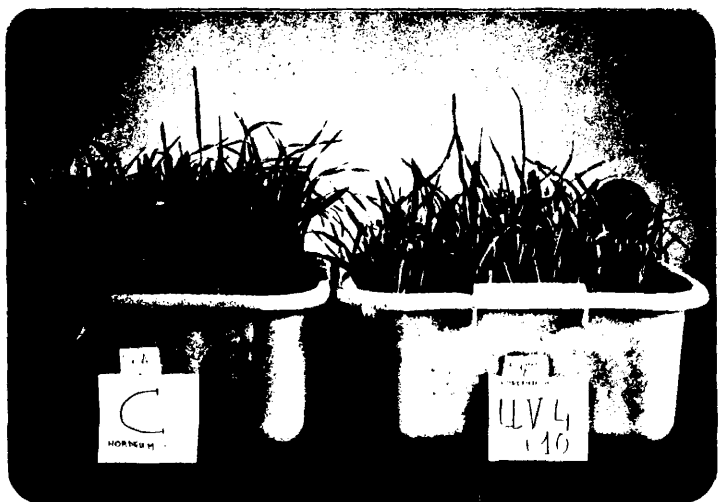
FOTOG. IX-F.- Visión comparativa entre el lote Control y
UV_{L+C}-(4+10).



FOTOG.IX-D



FOTOG.IX-E



FOTOG.IX-F

126

Los lotes UV_L -1 minuto y UV_{L+C} -(1+10) minutos - presentaron una palidez ~~blan~~ (FOTOGRAFIAS X-A y X-C) en comparación con las plantas Control y con las pertenecientes a los lotes dejados de irradiar con UV-lejano (FOTOGRAFIAS X-B, X-D y X-E). Por consiguiente a partir de ese día se suprimió el tratamiento con UV-lejano en los lotes indicados anteriormente, continuando irradiando con UV-cercano el lote UV_{L+C} -(1+10) minutos. Las TABLAS III-7 y III-8 indican, para cada muestra, los tiempos totales de irradiación con UV-lejano y UV-lejano + UV-cercano para los lotes UV_L -1 minuto y UV_{L+C} -(1+10) minutos.

Durante los días siguientes la recuperación en - los últimos lotes citados, comenzó por un mayor crecimiento, aunque inferior a las plantas de H.distichon L. utilizadas como Control. El crecimiento longitudinal de los lotes UV_L -1 minuto y UV_{L+C} -(1+10) minutos está representado gráficamente en las FIGURAS IV-28 y IV-31.

A los 90 días de crecimiento, se detectaron las - aristas correspondientes a las futuras espigas de H.distichon L. pertenecientes a los lotes Control. Esta manifestación no aparece hasta 4 días más tarde en el lote UV_L -4 minutos que no recibían ningún tipo de radiación UV.

En los lotes UV_L -2 minutos, UV_{L+C} -(2+10) minutos, UV_L -1 minuto y UV_{L+C} -(1+10) minutos, a los 94 días de - edad, las futuras espigas comenzaban a formarse aparentemente, mientras que no se apreciaban en ese momento las - aristas, debido al retraso existente respecto de los lotes

PLANTAS DE HORDEUM DISTICHON L. DE 35 DIAS:

FOTOG. X-A.- Visión comparativa entre el lote Control y
UV_L-1 min.

FOTOG. X-B.- Visión comparativa entre el lote Control y
UV_L-2 min.

FOTOG. X-C.- Visión comparativa entre los lotes
UV_{L+C}-(1+10) min. y UV_{L+C}-(2+10) min.



FOTOG.X-A



FOTOG.X-B



FOTOG.X-C

(Cont.)

FOTOG. X-D..- Aspecto del lote Control (izda.) y UV_{L+C} -
(2±10) min. que sólo recibía UV_C (dcha.)

FOTOG. X-E..- Comparación entre el lote UV_L -4 min. que
ya no recibía radiación alguna (izda.) y
 UV_{L+C} -(4±10) min. que recibía UV_C .



FOTOG.X-D



FOTOG.X-E

Control y UV_L -4 minutos.

A los 99 días de la siembra, el lote Control presentaba las espigas totalmente formadas, observándose perfectamente sus granos. En el lote UV_L -4 minutos, en cambio, las espigas aparecieron más retrasadas (LAMINA y FOTOGRAFIA XI-G). Plantas de la misma edad pertenecientes a los lotes UV_L -1 minuto, UV_{L+C} -(1+10) minutos, UV_L -2 minutos y UV_{L+C} -(2+10) minutos presentaron un retraso considerable en la formación de espigas respecto de los lotes - Control y UV_L -4 minutos (LAMINA, FOTOGRAFIAS XI-A, XI-B, XI-C, XI-D, XI-E, XI-F y XI-G).

En los lotes UV_L -1 minuto y UV_L -2 minutos comenzó a observarse la aparición de espigas 4 días más tarde - - (103 días) que en el lote Control. Algo más pequeñas y - más retrasadas eran las espigas pertenecientes al lote - UV_{L+C} -(1+10) minutos.

A los 105 días, pocas plantas de H. distichon L. - pertenecientes al lote UV_{L+C} -(2+10) minutos presentaron síntomas externos de formación de espigas. Finalmente el lote UV_{L+C} -(4+10) minutos a esa edad, sólo manifestó crecimiento vegetativo.

Durante los siguientes días, las plantas continuaron la maduración total de las espigas, cuando éstas existían ó formación de las mismas en aquellas plantas de que aún no las presentaban. Las plantas poseedoras de espigas fueron perdiendo paulatinamente el color verde, para llegar a la senescencia común a todos los cereales. Respecto a las espigas presentaron un número de granos aproximadamente igual para todos los lotes, tanto los irradiados -

con un tipo de irradiación como los tratados con las dos radiaciones UV.

Al final de la experiencia (125 días de edad), - las plantas de H.distichon L. pertenecientes al lote Control, eran las que presentaban un estado de maduración - más avanzado que el resto de los lotes sembrados, seguidos de los lotes siguientes: UV_L -4 minutos, UV_L minuto y UV_L -2 minutos, que no recibían irradiación con UV-lejano. Los lotes UV_{L+C} -(2+10) minutos y UV_{L+C} -(1+10) minutos fueron los más retrasados en la maduración de las espigas. - El lote UV_{L+C} -(4+10) minutos no llegó a formar espigas, - pero continuó con crecimiento vegetativo durante todo el tiempo de estudio.

Comparativamente el crecimiento longitudinal de - las plantas de H.distichon L. irradiadas inicialmente con UV-lejano y las que recibían dosis con UV-cercano hasta - el final de la experiencia, pudo observarse como éstos últimos lotes presentaban un crecimiento menor que aquellas plantas que ya no recibían ningún tipo de tratamiento con UV. Las FIGURAS IV-34, IV-35 y IV-36 representan gráficamente las diferencias de crecimiento existentes entre - plantas de H.distichon L. irradiadas con UV-lejano y con UV-lejano + UV-cercano, para cada uno de los lotes utilizados en la experiencia.

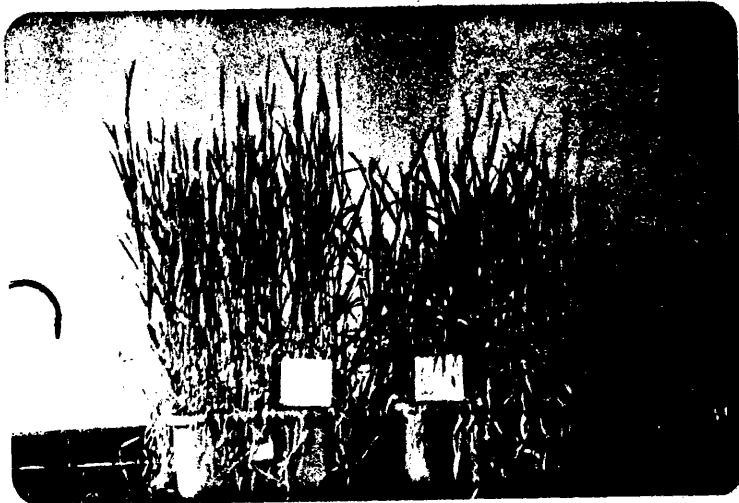
Las TABLAS IV-13 y IV-14 indican los valores correspondientes al crecimiento longitudinal, para los distintos lotes de plantas de H.distichon L. irradiados con UV-lejano y UV-lejano + UV-cercano, respectivamente.

PLANTAS DE HORDEUM DISTICHON L. DE 100 DIAS:

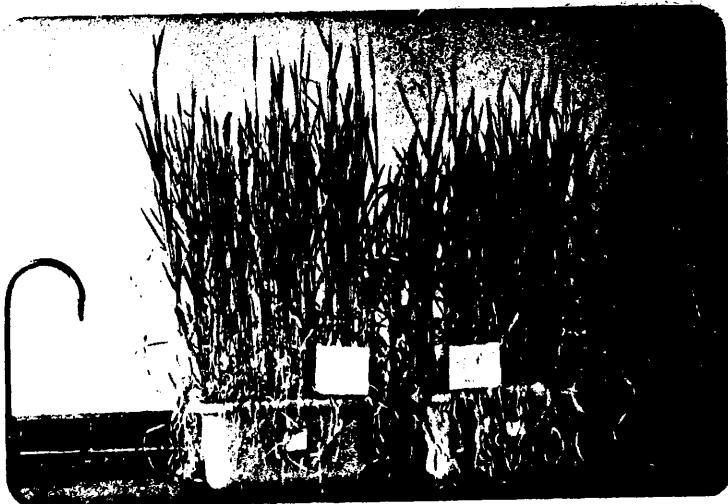
FOTOG. XI-A.- Visión comparativa del lote Control (izda)
y UV_L -1 min. que ya no recibía UV_L (dcha.)

FOTOG. XI-B.- Visión comparativa del lote Control (izda)
y UV_L -2 min. que ya no recibía UV_L (dcha.)

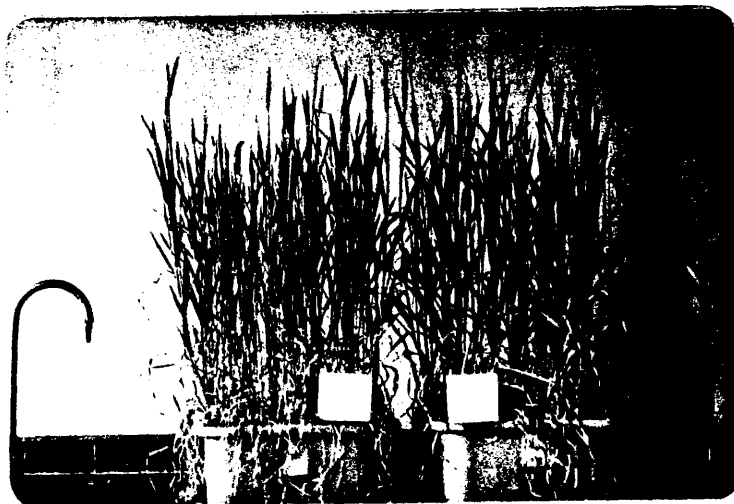
FOTOG. XI-C.- Visión comparativa del lote Control (izda)
y UV_L -4 min. que ya no recibía UV_L (dcha.).



FOTOG.XI-A



FOTOG.XI-B



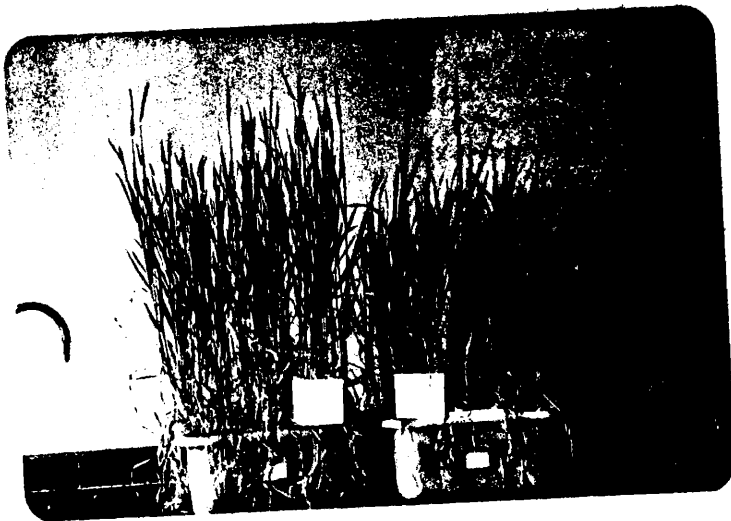
FOTOG.XI-C

(Cont.)

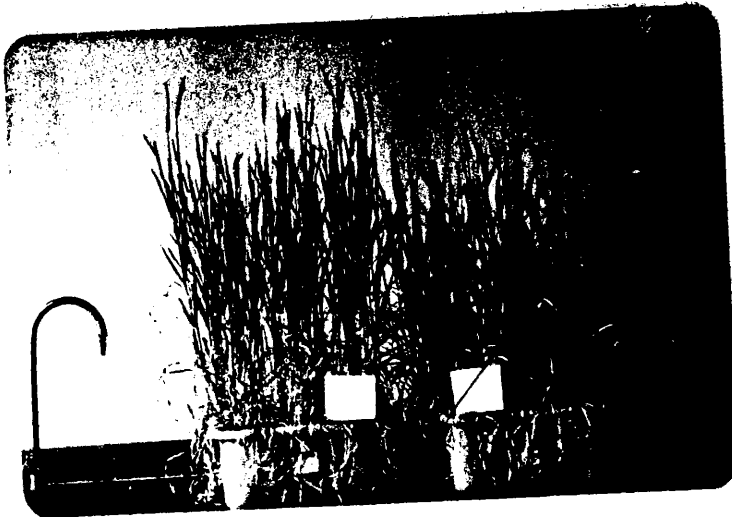
FOTOG. XI-D..- Aspecto del lote Control y $UV_{L+C}-(1\pm 10)\text{min.}$

FOTOG. XI-E..- Aspecto del lote Control y $UV_{L+C}-(2\pm 10)\text{min.}$

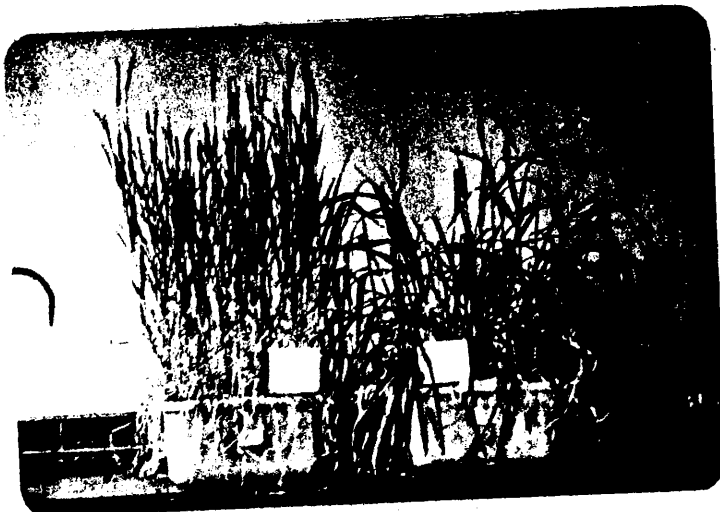
FOTOG. XI-F..- Aspecto del lote Control y $UV_{L+C}-(4\pm 10)\text{min.}$



FOTOG.XI-D



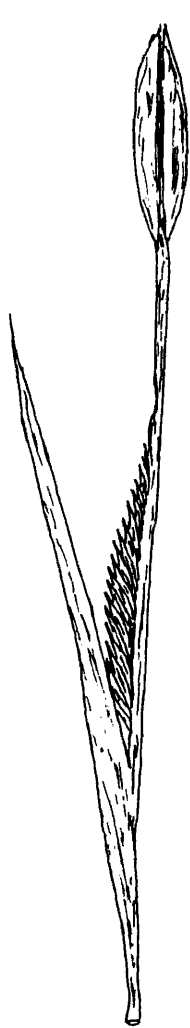
FOTOG.XI-E



FOTOG.XI-F

(Cont.)

FOTOG. XI-G..- Detalle de espigas en lote Control
UV_L-4 min.



CONTROL



UV_C-4 min.



OTROS LOTES

ASPECTO DE LAS ESPIGAS A LOS 100 DIAS



F010G.XI-G

TARLA IV-13

Crecimiento en longitud, expresado en cm, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
1ª	15,7	15,7	16,1	15,6
2ª	21,3	24,5	23,5	24,5
3ª	29	26,3	24,5	18,8
4ª	33,2	30	28,3	24,2
5ª	33	30	30	26
6ª	34,6	29,2	32,7	34,1
7ª	36,2	31,5	36,3	37,2
8ª	39,5	37	37	40,3
9ª	41,2	38,3	39,7	43,6
10ª	42,5	41,2	41,2	45,8
11ª	46,5	43,7	42	48
12ª	50,6	51,6	52,6	54
13ª	52,6	53,1	54,6	55
14ª	53	54	56	55,3
15ª	54,3	54,6	56,3	56

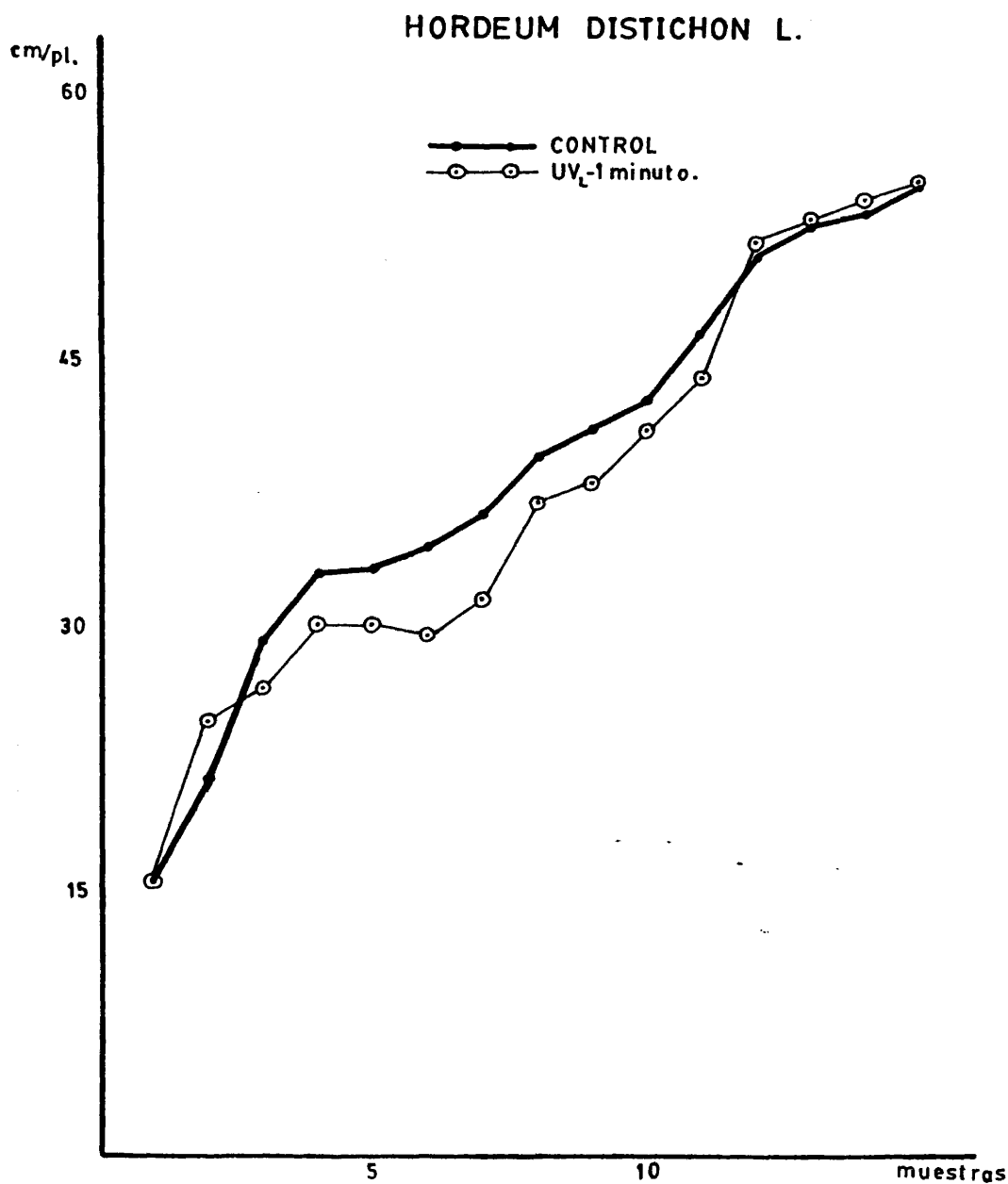


FIG.IV-28.-Crecimiento Longitudinal de plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

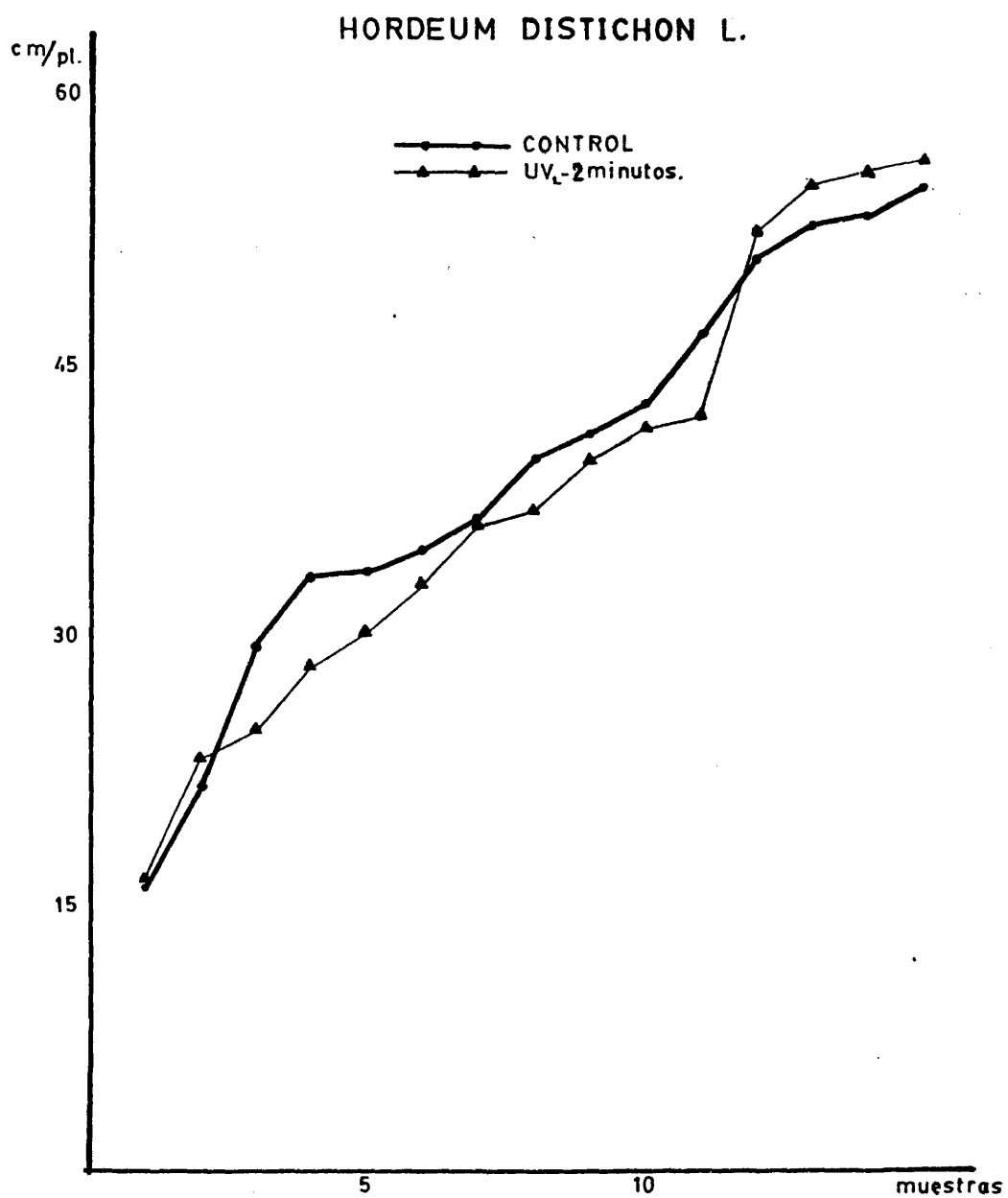


FIG.IV-29.-Crecimiento Longitudinal de plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

HORDEUM DISTICHON L.

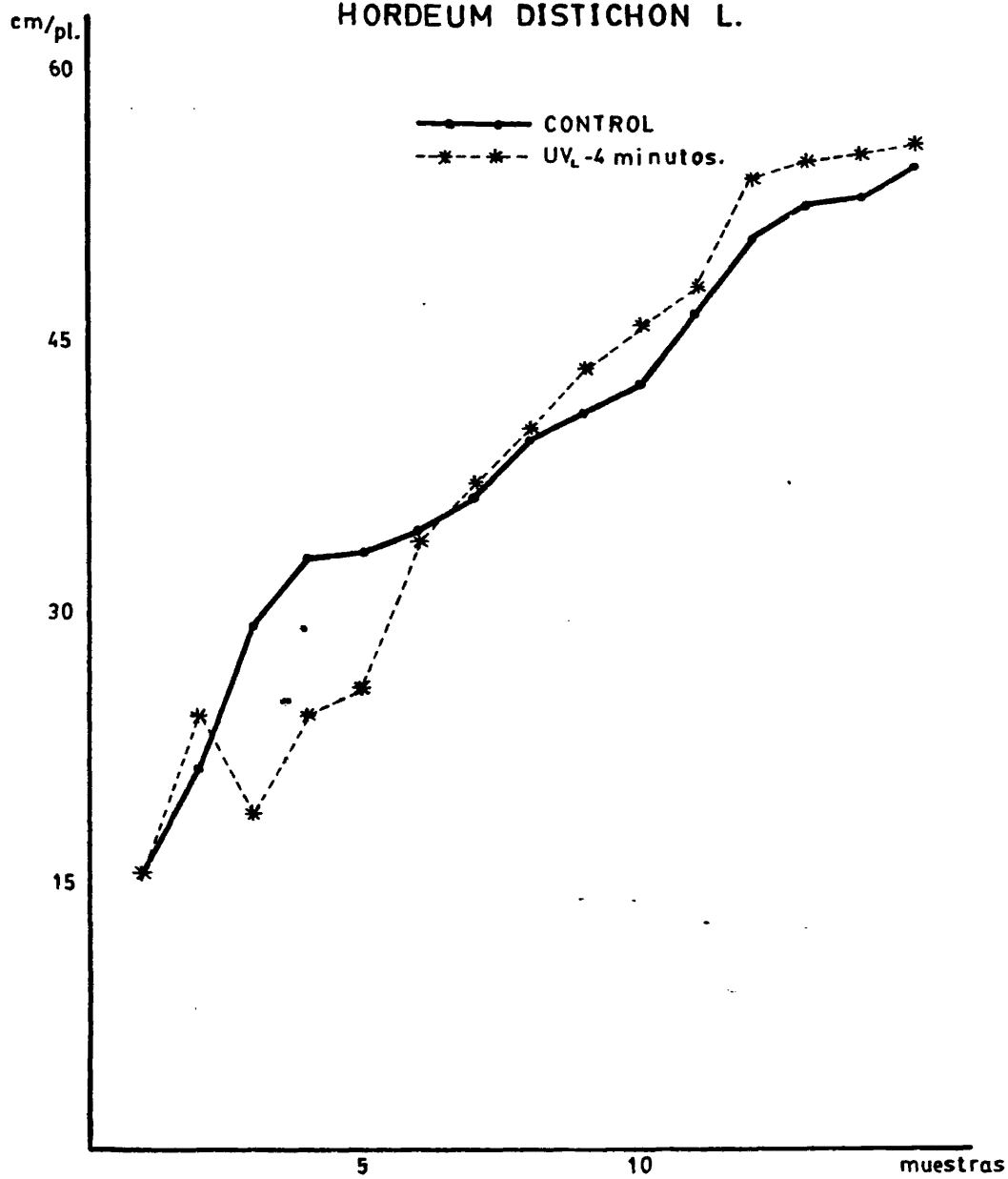


FIG.IV-30.-Crecimiento Longitudinal de plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

133

TABLA IV-14

Crecimiento en longitud, expresado en cm, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	$UV_{L+C}-(1+10)$	$UV_{L+C}-(2+10)$	$UV_{L+C}-(4+10)$
1ª	15,7	15,3	15,3	13,7
2ª	21,3	25,2	26,5	22
3ª	29	24,2	22,7	11,2
4ª	33,2	31	26,5	13
5ª	33	29	28,5	16,1
6ª	34,6	28,5	31,7	25,3
7ª	36,2	31,1	33,2	32,2
8ª	39,5	33,3	35,1	31,7
9ª	41,2	35,6	37,8	34,5
10ª	42,5	38,2	40,1	36
11ª	46,5	40,5	40,3	43
12ª	50,6	46,7	50,7	48
13ª	52,6	47,3	51,3	51,6
14ª	53	49	52,3	52,7
15ª	54,3	49,6	52,5	53,8

HORDEUM DISTICHON L.

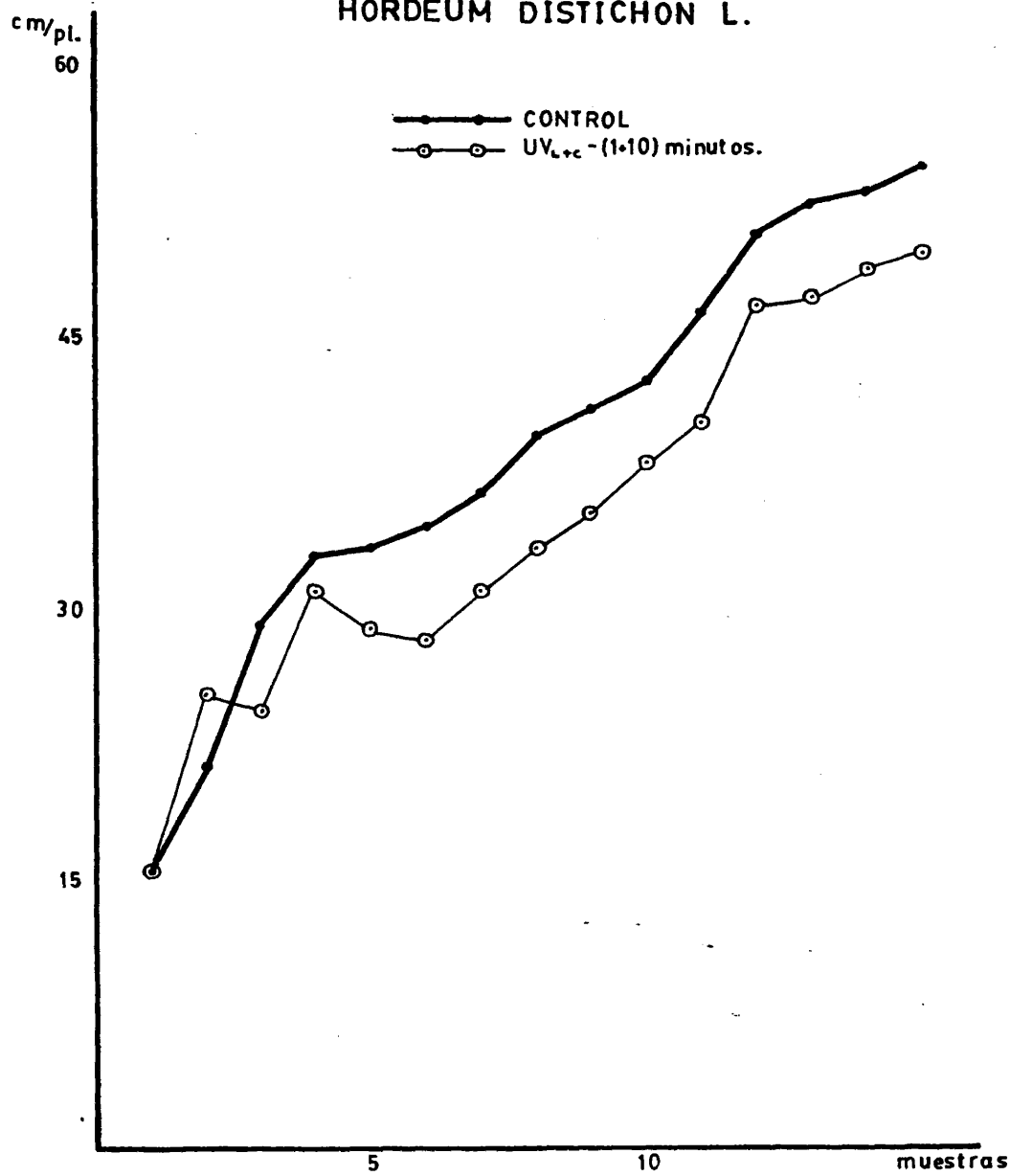


FIG.IV-31.-Crecimiento Longitudinal de plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

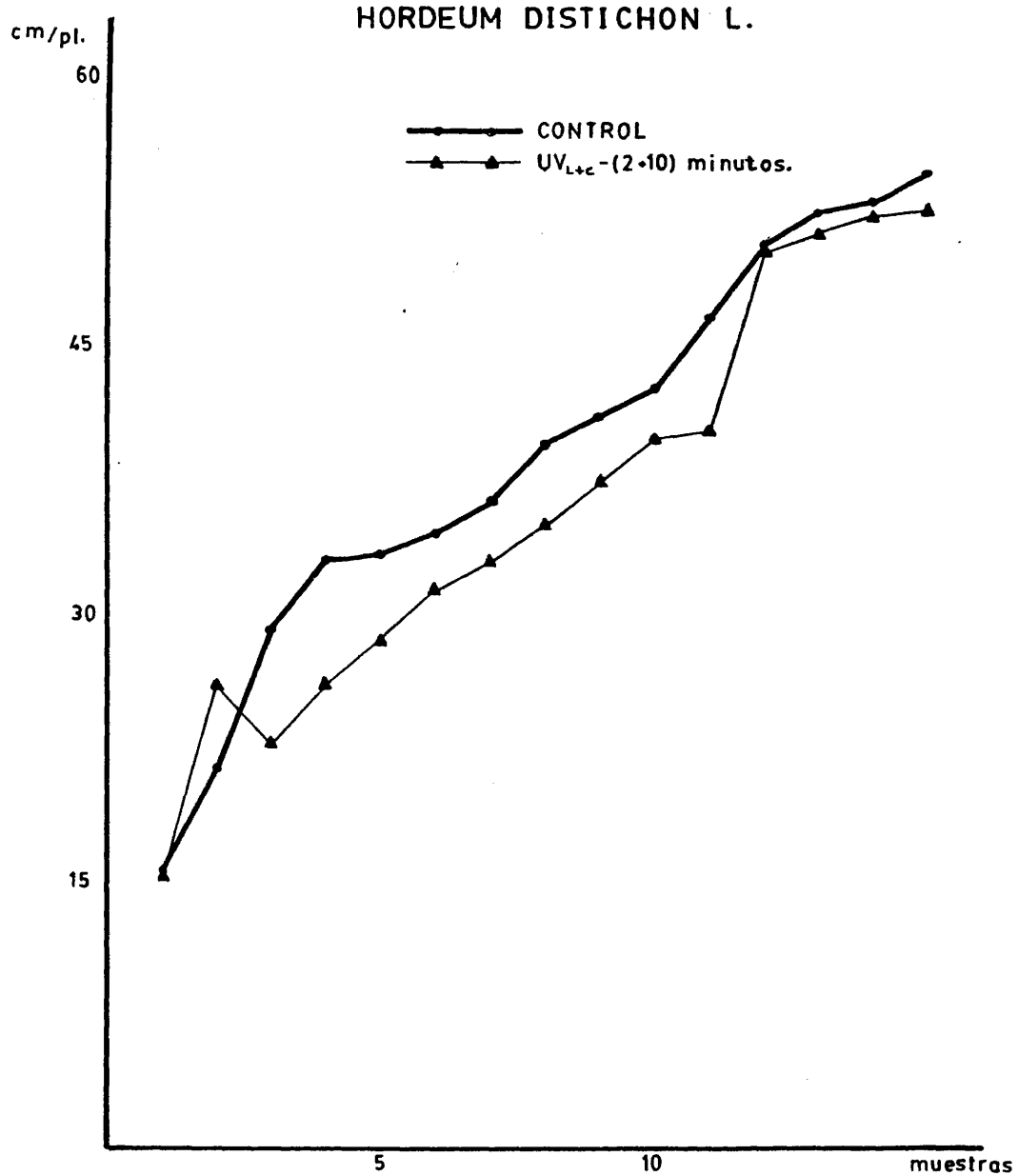


FIG.IV-32.-Crecimiento Longitudinal de plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c}.

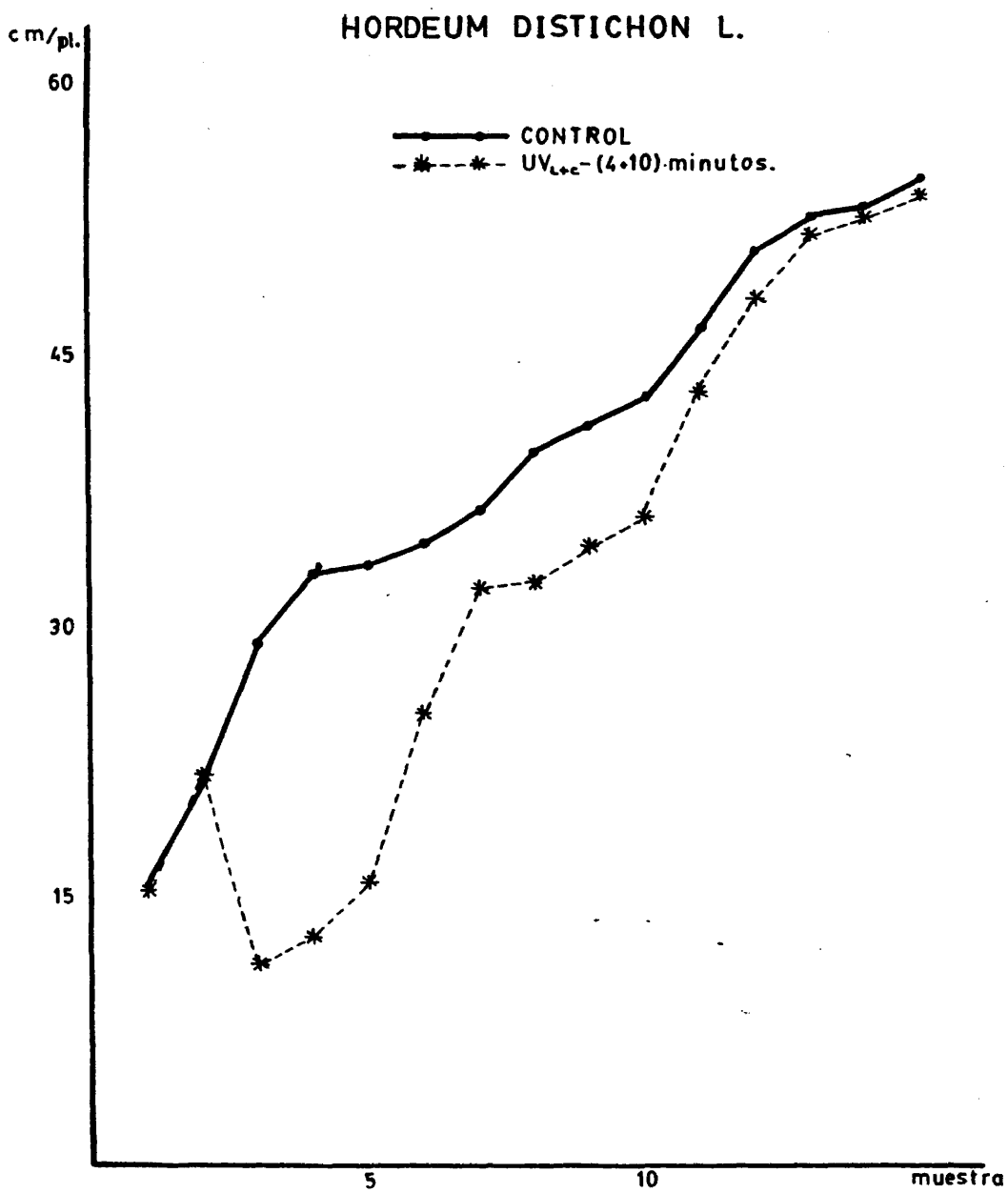


FIG.IV-33.-Crecimiento Longitudinal de plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c} .

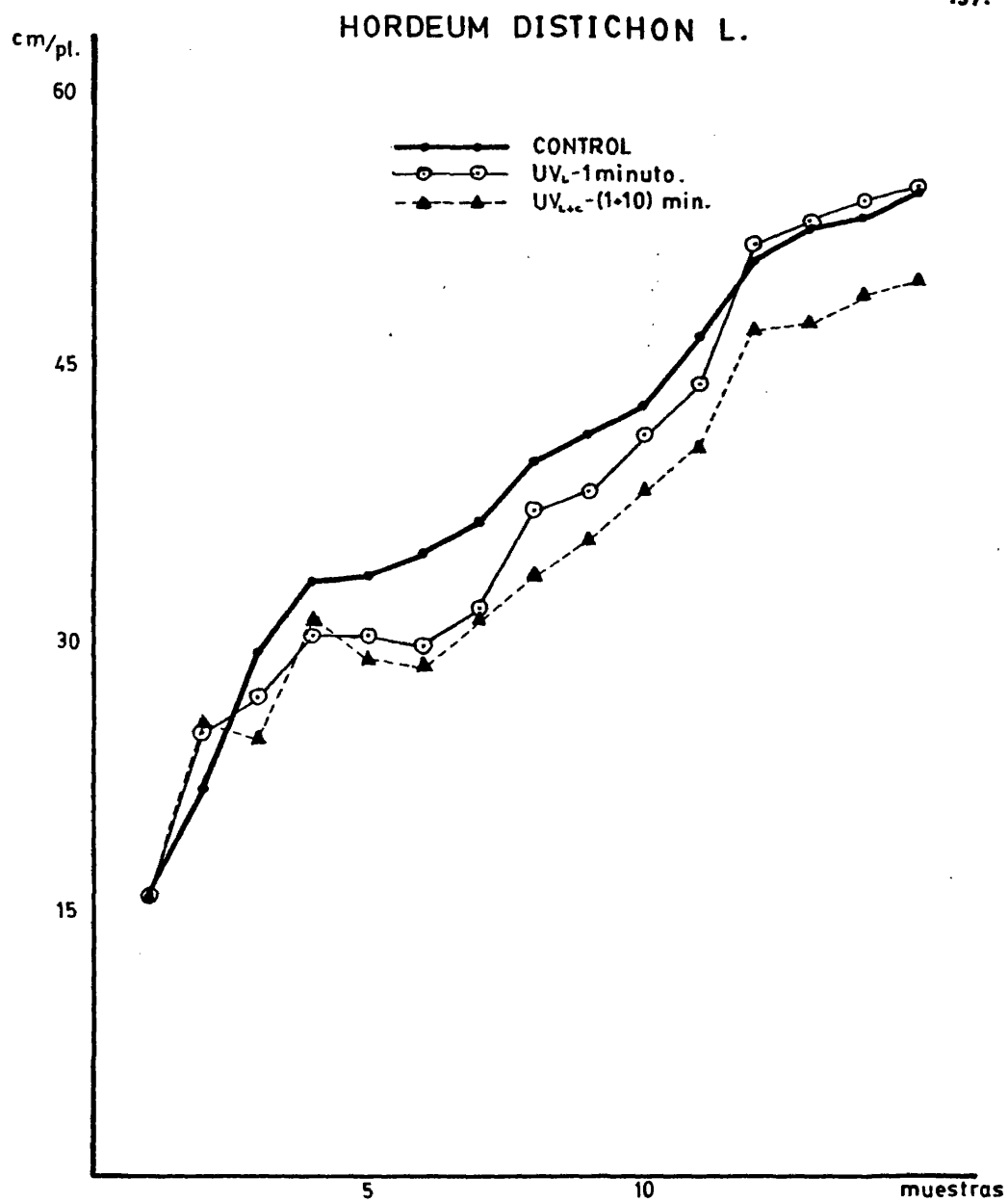


FIG.IV-34.-Estudio comparativo del Crecimiento Longitudinal en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

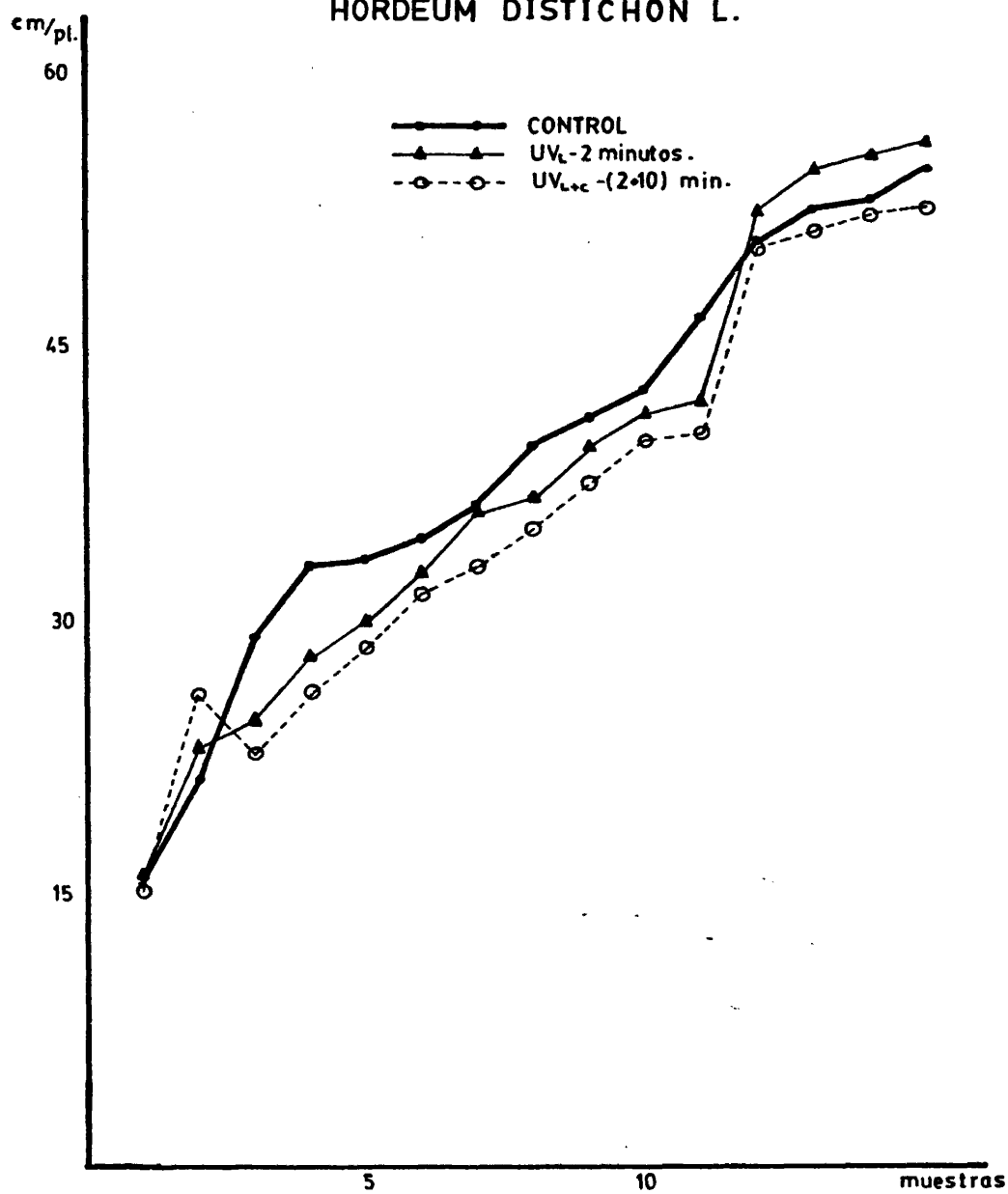


FIG.IV-35.-Estudio comparativo del Crecimiento Longitudinal en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

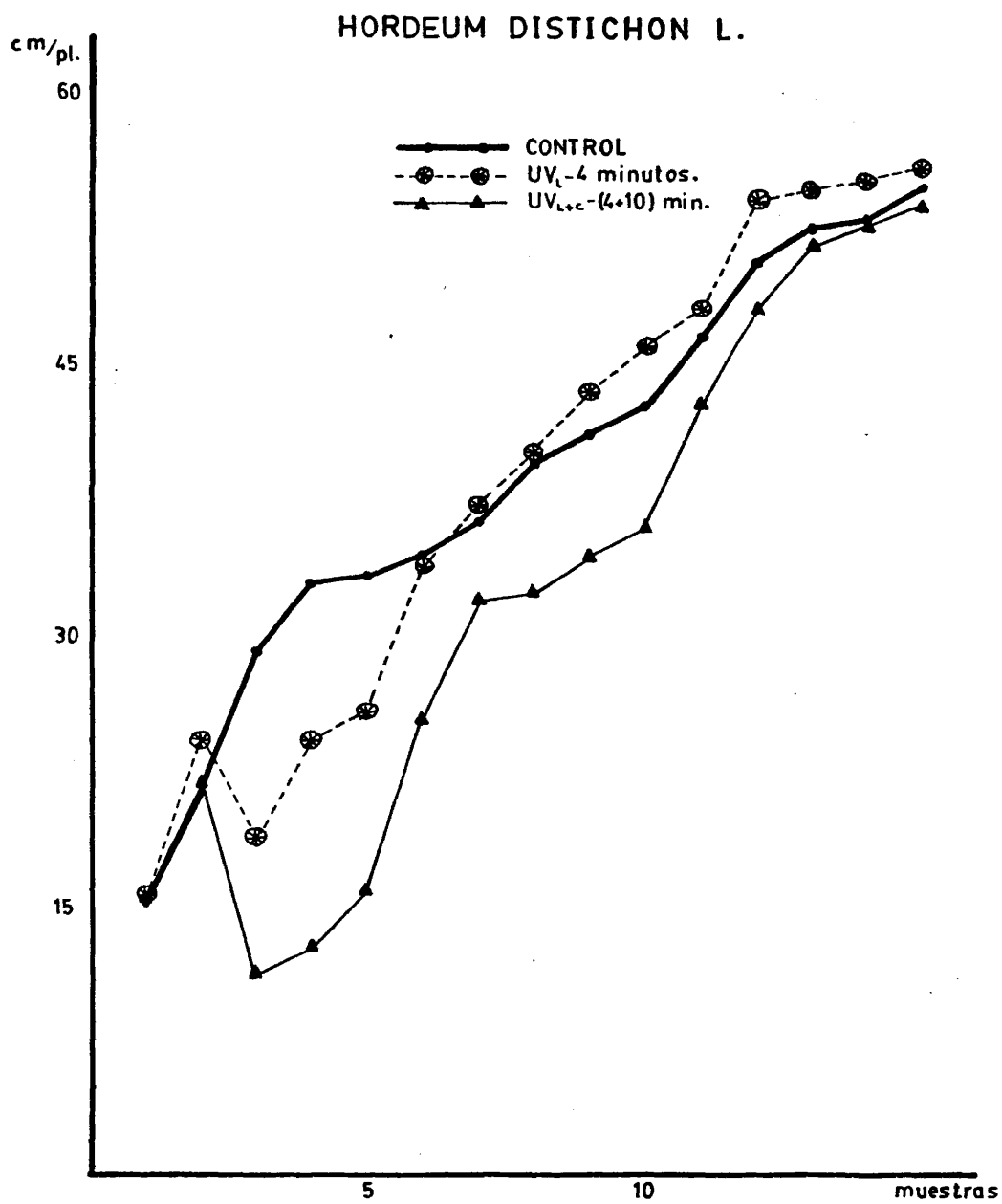


FIG.IV-36.-Estudio comparativo del Crecimiento Longitudinal en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

IV.2.2.- Peso Fresco y Peso Seco.

El peso fresco aumenta simultáneamente con el crecimiento de las plantas de H.distichon L. durante las primeras etapas de su vida. Al final de la experiencia se produce un descenso, como consecuencia de la maduración propia del cereal utilizado.

El peso seco fue aumentando regularmente durante las primeras fases de la experiencia y al final de la misma se produjo una disminución al llegar el cereal a su estado final de maduración. Las plantas Control, presentaron valores de peso seco superiores respecto de los lotes irradiados con UV-lejano y UV-lejano + UV-cercano, excepto para UV_{L+C}-(4+10) minutos quien no llegó a formar espigas, permaneciendo en fase vegetativa aún cuando hubo finalizado la experiencia ya con el resto de las plantas de H.distichon L. utilizadas.

El lote UV_L-4 minutos al comienzo de la experiencia presentó un peso seco inferior al lote Control y al resto de las plantas irradiadas. A partir del momento en que se interrumpió la irradiación con UV-lejano (3ª muestra), comenzó un ascenso de los valores de peso seco correspondientes a este lote, llegando a superar a las plantas Control. Esto induce a pensar que el UV-lejano con dosis diarias de 4 minutos provoca un retraso en la maduración final del H.distichon L. tratado con UV, manifestándose por unos niveles algo superiores que las plantas Control utilizadas, como puede observarse en la FIGURA IV-37.

Los lotes UV_L-2 minutos y UV_L-1 minuto, en las primeras fases de crecimiento presentaron para el peso seco valores similares a los lotes Control y UV_L-4 minutos, con posterior disminución al continuar el tratamiento con UV-lejano. Suprimida la irradiación con UV-lejano, se produce la recuperación de las plantas pertenecientes a cada uno de los lotes indicados, comenzando un aumento de peso seco que en algún momento llegó a alcanzar cifras algo superiores al lote Control, en el caso de UV_L-2 minutos (no irradiado); ello induce a pensar en un posible retraso de esas plantas por el tratamiento con UV-lejano. El lote UV_L-1 minuto, al final de la experiencia presentó para el peso seco, valores similares a las plantas Control, como puede observarse en la FIGURA IV-37.

La TABLA IV-15 indica los valores de peso seco, expresados en gramos, para plantas de H.distichon L. irradiadas con UV-lejano para cada muestra, siendo estos valores representados gráficamente en la FIGURA IV-37.

El lote $UV_{L+C}-(4+10)$ minutos presentó valores bastante inferiores respecto de las plantas Control, debido a la irradiación con UV-lejano + UV-cercano. Cuando se suprimió el tratamiento con UV-lejano comenzó el aumento de peso seco, que fue siempre inferior a los valores de las plantas Control excepto al final de la experiencia.

En las últimas muestras, este lote, $UV_{L+C}-(4+10)$ -minutos, presentó valores de peso seco superiores a las plantas Control, mientras el crecimiento longitudinal fue menor en este último lote. Estos valores superiores se

traducen por una ausencia en la formación de espigas, - - existiendo sólo crecimiento vegetativo.

Los lotes $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos y $UV_{L+C}-(1+10)$ minutos, presentaron valores, para el peso seco inferiores a las plantas Control. Después de suprimir el tratamiento - con UV-lejano pero continuando con UV-cercano, las plantas comenzaron a recuperarse, aunque en ambos casos con - valores más bajos que el lote Control. Esta pauta se mantuvo durante toda la experiencia, al presentar estos lotes un crecimiento longitudinal menor respecto de las - plantas Control.

La TABLA IV-16 indica los valores de peso seco, - expresados en gramos, para plantas de H.distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano, para cada muestra y la FIGURA IV-38 su gráfica.

A efectos comparativos, (lotes tratados con UV-lejano y UV-lejano + UV-cercano), las plantas cuya irradiación con UV-lejano había sido suprimida, pero continuaban recibiendo UV-cercano, presentaron valores de peso seco - bastante inferiores a los lotes Control y a los irradiados en un principio con UV-lejano, durante 2 minutos y 1 minuto. El lote $UV_{L+C}-(4+10)$ minutos que continuaba recibiendo dosis diarias de UV-cercano, presentó un peso seco bastante superior al de las plantas Control, aunque éstas alcanzaran un mayor crecimiento longitudinal.

Las FIGURAS IV-39, IV-40 y IV-41 muestran comparativamente los valores de peso seco obtenidos para los lotes de plantas de H.distichon L. irradiadas con UV-lejano y UV-lejano + UV-cercano, durante los tiempos establecidos.

TABLA IV-15

Peso Seco, expresado en gramos, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
1ª	0,023	0,026	0,024	0,025
2ª	0,025	0,030	0,027	0,031
3ª	0,029	0,050	0,036	0,030
4ª	0,069	0,053	0,048	0,044
5ª	0,085	0,056	0,053	0,050
6ª	0,107	0,068	0,057	0,079
7ª	0,156	0,101	0,076	0,104
8ª	0,177	0,093	0,086	0,101
9ª	0,189	0,146	0,152	0,180
10ª	0,203	0,155	0,160	0,235
11ª	0,216	0,194	0,164	0,303
12ª	0,230	0,215	0,344	0,423
13ª	0,474	0,256	0,450	1,087
14ª	0,457	0,348	0,519	1,127
15ª	0,370	0,365	0,433	1,107

HORDEUM DISTICHON L.

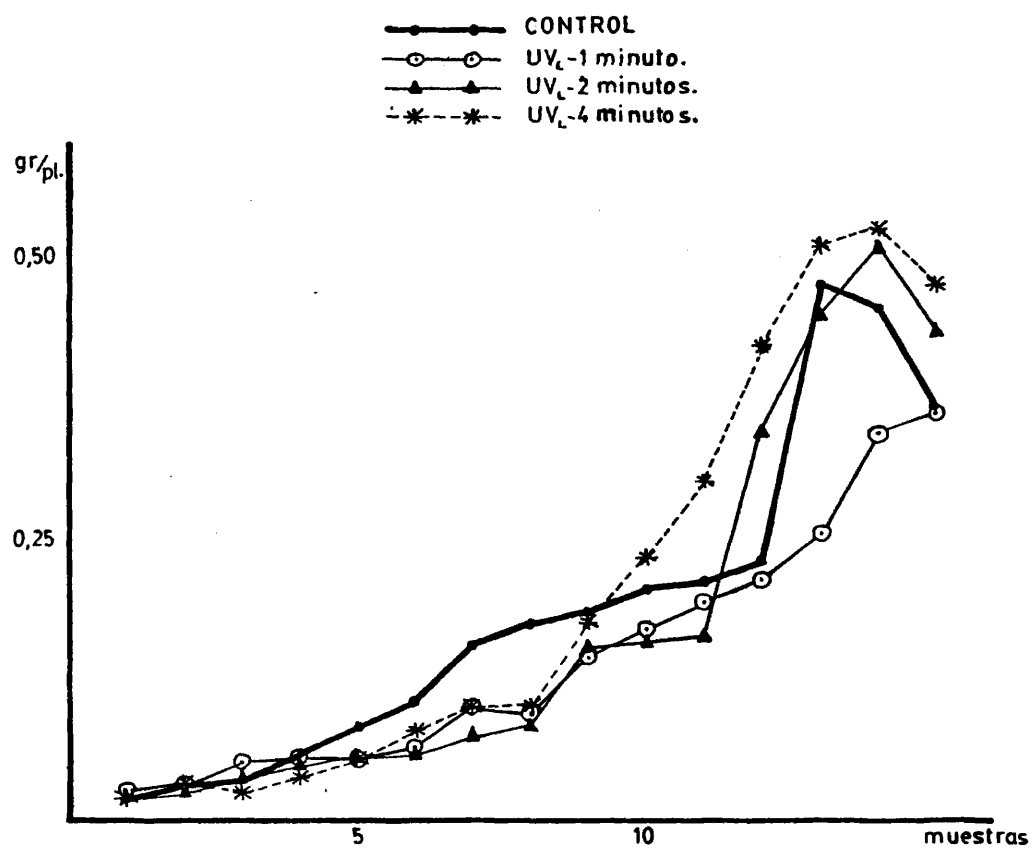


FIG.IV-37.-Valores de Peso Seco para plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

146

TABLA IV-16

Peso Seco, expresado en gramos, correspondiente a los ensa
yos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradia
das con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}).

NUESTRA	CONTROL	$UV_{L+C}-(1-10)$	$UV_{L+C}-(2-10)$	$UV_{L+C}-(4-10)$
1ª	0,023	0,022	0,023	0,021
2ª	0,025	0,024	0,025	0,023
3ª	0,029	0,039	0,035	0,011
4ª	0,064	0,058	0,044	0,065
5ª	0,085	0,056	0,052	0,045
6ª	0,107	0,072	0,075	0,038
7ª	0,156	0,092	0,093	0,074
8ª	0,177	0,086	0,097	0,059
9ª	0,189	0,095	0,138	0,078
10ª	0,203	0,131	0,172	0,091
11ª	0,216	0,138	0,167	0,167
12ª	0,230	0,188	0,268	0,265
13ª	0,474	0,405	0,359	0,553
14ª	0,457	0,426	0,362	0,617
15ª	0,370	0,397	0,379	0,772

HORDEUM DISTICHON L.

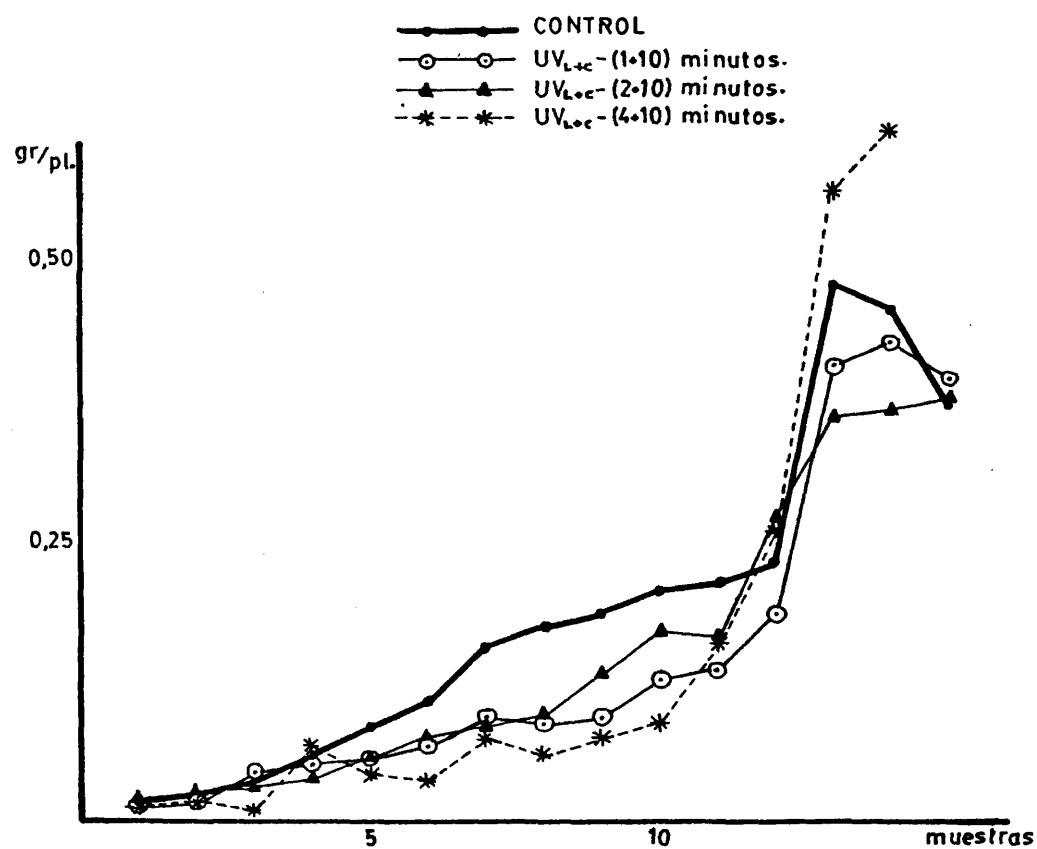


FIG.IV-38.-Valores de Peso Seco para plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

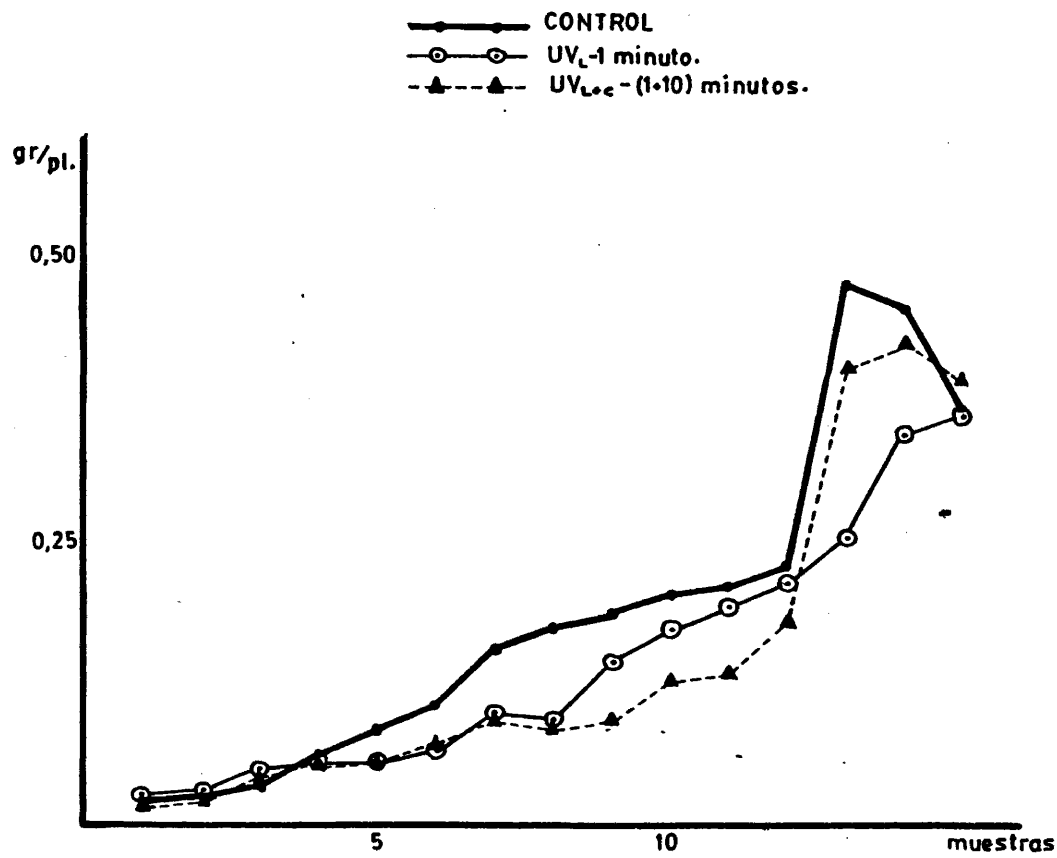


FIG.IV-39.-Estudio comparativo de los valores de Peso Seco en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

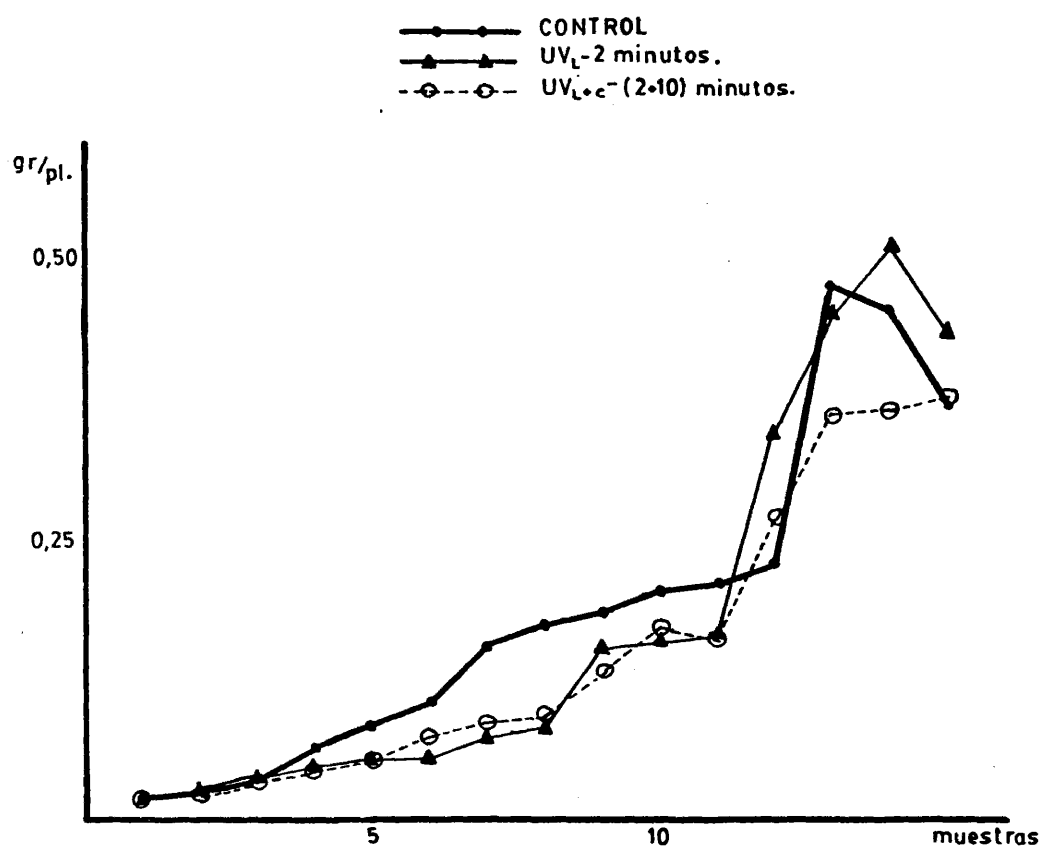


FIG.IV-40.-Estudio comparativo de los valores de Peso Seco para plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_L+c.

HORDEUM DISTICHON L.

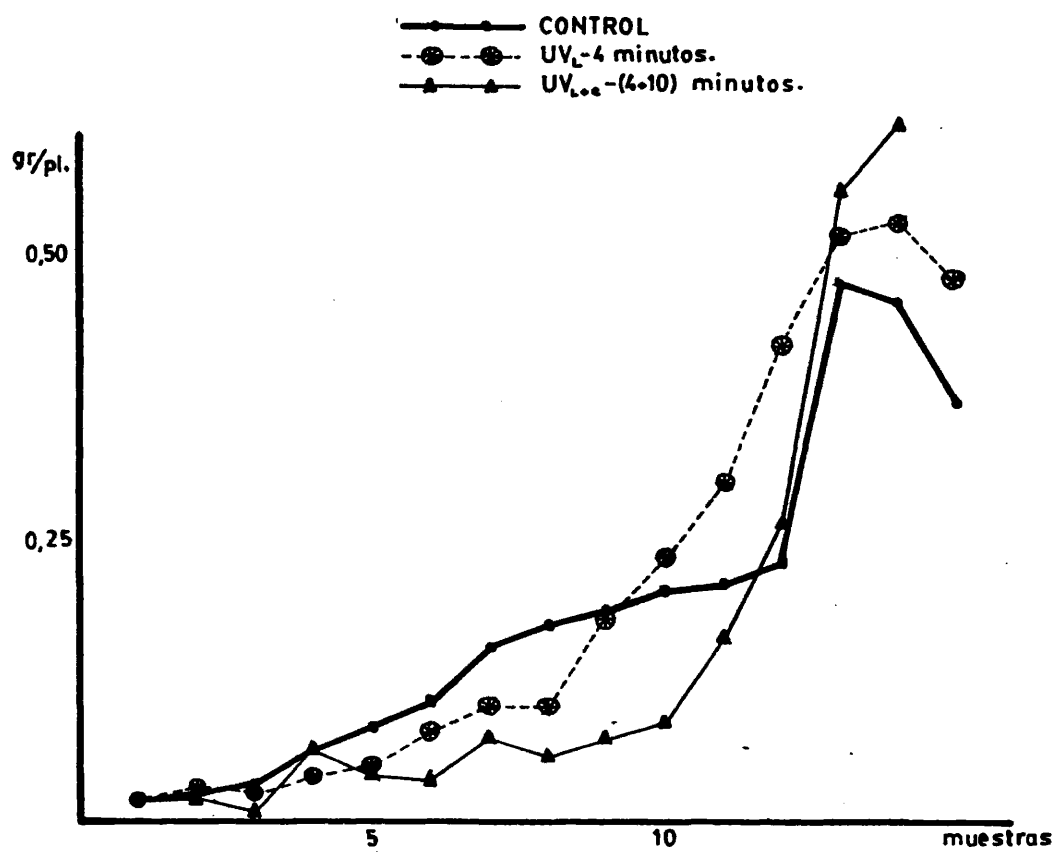


FIG.IV-41.-Estudio comparativo de los valores de Peso Seco para plantas de *H.distichon* L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

IV.2.3.- Contenido de Clorofila Total, Clorofila a y Clorofila b

Los niveles de clorofila a y b en plantas Control de H. distichon L. aumentan durante las primeras semanas de vida de las plantas. A partir de la 6ª muestra se produce un descenso en el contenido de clorofila a y b, coincidiendo con esbozos de la formación caular (caña) propia de los cereales.

El descenso en el contenido de clorofila a y b fue cada vez más acusado hasta el momento en que se formó la espiga, momento en el que se produce un rápido ascenso pero sin alcanzar el máximo valor presentado anteriormente. Seguidamente volvió a producirse un descenso gradativo a medida que se alcanzaba la etapa evolutiva final de los cereales.

En plantas de H. distichon L. irradiadas con UV-lejano, pudo observarse al principio de la experiencia, niveles de clorofila a y b bastante inferiores al lote Control, como consecuencia del tratamiento con la radiación UV.

El lote UV_L-4 minutos manifiesta un aumento de pigmentos a partir de la 3ª muestra, al no recibir irradiación con UV-lejano. Este ascenso continuó durante las siguientes muestras y de forma paralela al lote Control.

A partir de la 7ª muestra comenzó un descenso en el contenido de clorofila a y b, aunque menos acusado que en las plantas Control, este descenso coincidió con los comienzos de formación de la caña propia de los cereales, lo mismo que ocurrió con el lote Control.

La aparición de las espigas en este lote, UV_L-4 - minutos (no irradiado con UV-lejano), produjo un aumento de los niveles de clorofila a y b, para finalmente descender al terminar el ciclo de la planta, como puede observarse en las FIGURAS IV-44, IV-58 y IV-72.

El lote UV_L-2 minutos sigue un curso similar, presentando valores bajos de clorofila a y b respecto de las plantas Control, que fueron ascendiendo al dejar de suministrar al lote UV_L-2 minutos dosis diarias de UV-lejano. Este ascenso paulatino llega hasta valores de clorofila a y b superiores a las plantas Control, aunque como en estas últimas y en el lote UV_L-4 minutos (no irradiado), existe también un descenso y una nueva subida que coincide con la formación de espigas en el lote que nos ocupa, (UV_L-2 minutos). Finalmente los contenidos de clorofila a y b decrecieron al llegar el cereal a su etapa final. Estas variaciones pueden ser observadas en las FIGURAS IV-43 IV-57 y IV-71.

El lote UV_L- 1 minuto presentó unos valores de clorofila a y b inferiores al lote Control, pero superiores al resto de los lotes de H.distichon L. irradiados con UV lejano. Fue observado un descenso en el contenido de dichos pigmentos, pero rápidamente desapareció al dejar de suministrar a partir de la 6ª muestra, dosis de UV-lejano.

/53

El aumento de clorofila a y b se produjo paulatinamente hasta la formación de la caña, de forma similar a lo ocurrido con los otros lotes de H.distichon L., descendiendo a continuación hasta la aparición de las espigas, momento a partir del cual se produjo un nuevo incremento en el contenido de éstos pigmentos, para finalmente descender al secarse el cereal. (FIGURAS IV-42, IV-56 y IV-70)

Por lo expuesto anteriormente puede observarse como todos los lotes de H.distichon L. irradiados inicialmente con UV-lejano, presentaron un curso paralelo al lote Control, aunque con un retraso característico según la dosis de Uv-lejano recibida diariamente. Esto induce a pensar en que el tratamiento con UV-lejano en los comienzos de la experiencia, produjo en las plantas de H.distichon L., un retraso en el normal desarrollo de su ciclo vital.

Las TABLAS IV-17, IV-21 y IV-25 indican los valores de Clorofila Total, Clorofila a y Clorofila b, respectivamente, expresados en mg, para los lotes de plantas de H.distichon L. irradiados con UV-lejano durante los tiempos establecidos.

Desde el momento en que fue observada la presencia de espigas en los diversos lotes de plantas utilizadas en la experiencia, se procedió a determinar el contenido de clorofila a y b de forma separada; en las espigas y en las cañas. Los resultados obtenidos nos mostraron como el lote Control presentaba niveles de clorofila a y b

154

inferiores al resto de los lotes irradiados inicialmente con UV-lejano, tanto para las espigas como para las cañas. Estos valores se indican en las TABLAS IV-19, IV-23 y IV-27 y su representación gráfica en las FIGURAS IV-48, IV-62 y IV-76, respectivamente.

Los lotes irradiados con UV-lejano + UV-cercano presentaron unos niveles de clorofila a y b inferiores a las plantas Control durante las primeras fases de crecimiento. En el lote $UV_{L+C}-(4+10)$ minutos después de cesar la irradiación con UV-lejano, pero continuando con UV-cercano, se produjo un incremento paulatino en el contenido de clorofilas a y b, alcanzando niveles superiores a las plantas Control.

Este incremento en el lote $UV_{L+C}-(4+10)$ minutos, se debió probablemente, a la ausencia de espigas en las plantas pertenecientes a este lote citado. Los valores de Clorofila Total, Clorofila a y Clorofila b se representan gráficamente en las FIGURAS IV-47, IV-61 y IV-75.

El lote $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos presentó valores de clorofila a y b inferiores a las plantas Control durante todo el ciclo de las mismas, aunque experimentó un ascenso desde el momento en que fue suprimida la irradiación con UV-lejano, continuando el tratamiento con UV-cercano.

La evolución seguida por los lotes $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos y $UV_{L+C}-(1+10)$ minutos para los niveles de clorofila a y b, fueron paralelos a las plantas de H.distichon L.

pertenecientes al lote Control, aunque, como en los lotes irradiados inicialmente con UV-lejano, existió un retraso en las variaciones de los contenidos en clorofila a y b - respecto del lote Control.

Sin embargo, el lote $UV_{L+C}-(1+10)$ minutos presentó unos niveles de clorofila a inferiores al del lote - - $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos respecto de las plantas Control. El contenido de clorofila b fue también inferior respecto - del lote Control, pero no tan acusado como en el caso de clorofila a. En este lote, $UV_{L+C}-(1+10)$ minutos, la recuperación experimentada por las plantas después de suprimir el tratamiento con UV-lejano, no fue tan elevada como en los lotes $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos y $UV_{L+C}-(4+10)$ minutos que recibían sólo UV-cercano. El contenido de Clorofila - Total, Clorofila a y Clorofila b, para las plantas de - - H.distichon L. de los lotes $UV_{L+C}-(1+10)$ minutos y $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos, está representado en las FIGURAS IV-45, - IV-46, IV-59, IV-60, IV-73 y IV-74.

Las TABLAS IV-18, IV-22 y IV-26 se indican los valores de Clorofila Total, Clorofila a y Clorofila b, expresados en mg, para los lotes de plantas de H.distichon L. irradiados con UV-lejano + UV-cercano.

En los lotes $UV_{L+C}-(1+10)$ minutos y $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos se determinó también de forma separada en las últimas muestras, el contenido de clorofila a y clorofila b - de las espigas y de la caña, pudiendo observar como el lo

te Control presentaba niveles inferiores respecto de las plantas de H.distichon L. que continuaban recibiendo dosis diarias de UV-cercano.

Estos resultados se indican en las TABLAS IV-20, IV-24 y IV-28 y gráficamente en las FIGURAS IV-49, IV-63 y IV-77.

En el estudio comparativo de los valores obtenidos en plantas de H.distichon L. tratadas con UV-lejano, por un lado y con UV-lejano + UV-cercano por otro, se observó que los lotes cuyo tratamiento con UV-lejano había sido suprimido, presentaban un contenido de clorofila a y b superior a aquellas plantas que aún recibían distintas dosis con UV-cercano. Hubo una excepción, el lote UV_{L+C} - (4+10) minutos, que al no existir espigas las plantas continuaron con crecimiento vegetativo y por consiguiente los niveles de clorofila fueron superiores al lote Control y al lote UV_L -4 minutos, dejado de irradiar con UV-lejano.

Los lotes UV_{L+C} -(1+10) minutos y UV_{L+C} -(2+10) minutos, que eran irradiados sólo con UV-cercano, presentaron un retraso en su desarrollo respecto del lote Control, pero menor que el observado en los lotes UV_L -1 minuto y UV_L -2 minutos, no irradiados con UV-lejano. Los valores de Clorofila Total, Clorofila a y Clorofila b de los lotes anteriores, se representan gráficamente en las FIGURAS IV-50, IV-51, IV-52, IV-64, IV-65, IV-66, IV-78, IV-79 y IV-80, para observar compartivamente los efectos producidos por UV-lejano y UV-lejano + UV-cercano, en los lotes de H.distichon L. indicados anteriormente.

Al estudiar el contenido de clorofila a y b en - las espigas y cañas de las plantas de H.distichon L. para cada lote de forma comparativa, pudo observarse como las plantas que recibían todavía tratameinto con UV-cercano, - presentaban menor contenido que los lotes que ya no recibían ningún tipo de irradiación, aunque las espigas y cañas de las plantas Control mostraban valores inferiores, - debido al estado de madurez de las mismas. El contenido - de Clorofila Total, Clorofila a y Clorofila b en espigas y cañas, para los lotes tratados con UV-lejano y con UV-lejano + UV-cercano, de forma comparativa, están representados en las FIGURAS IV-53, IV-54, IV-55, IV-67, IV-68, - - IV-69, IV-81, IV-82 y IV-83.

TABLA IV-17

Contenido de Clorofila Total, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
1ª	0,221	0,147	0,131	0,096
2ª	0,244	0,311	0,180	0,142
3ª	0,379	0,341	0,133	0,115
4ª	0,557	0,379	0,277	0,246
5ª	0,631	0,519	0,422	0,312
6ª	0,842	0,407	0,484	0,820
7ª	0,767	0,503	0,564	0,932
8ª	0,772	0,611	0,764	0,858
9ª	0,666	0,893	0,881	0,858
10ª	0,570	0,859	1,006	0,791
11ª	0,570	0,759	0,962	0,771
12ª	0,511	0,736	0,923	0,891
13ª	0,785	0,637	0,894	1,008
14ª	0,581	0,841	0,985	1,031
15ª	0,201	0,642	0,637	0,758

HORDEUM DISTICHON L.

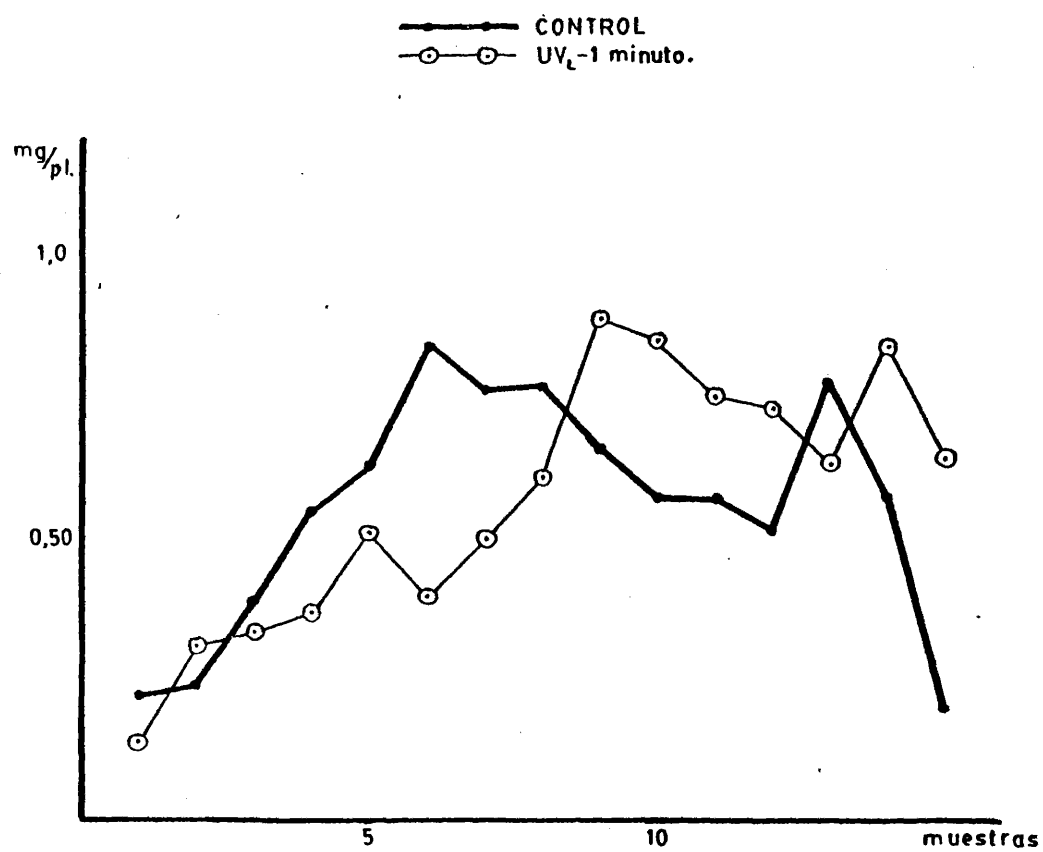


FIG.IV-42.-Contenido de Clorofila Total en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

HORDEUM DISTICHON L.

—●— CONTROL
—▲— UV_L-2 minutos.

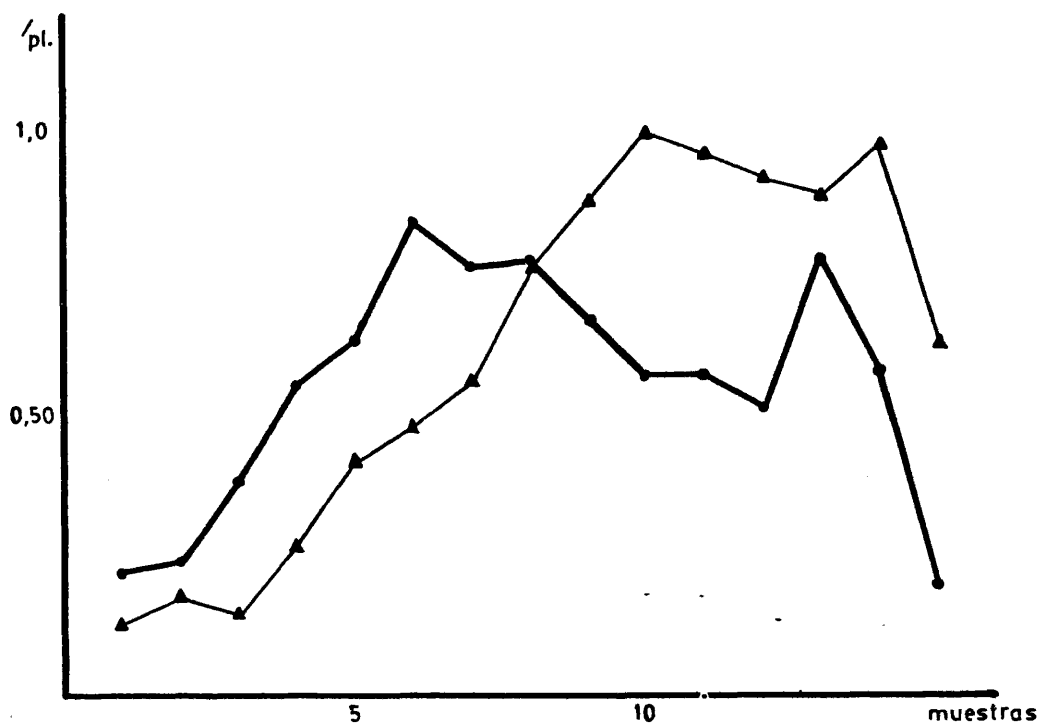


FIG.IV-43.-Contenido de Clorofila Total en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

HORDEUM DISTICHON L.

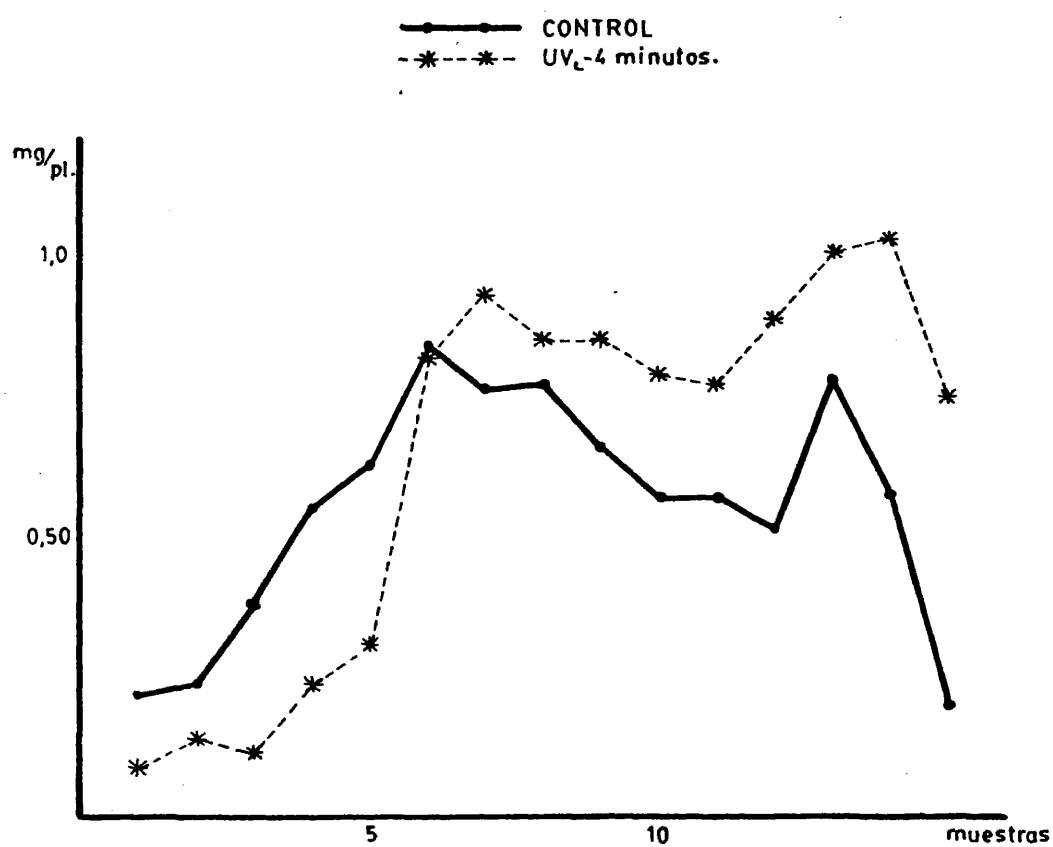


FIG.IV-44.-Contenido de Clorofila Total en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

TABLA IV-18

Contenido de Clorofila Total, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C})

MUESTRA	CONTROL	$UV_{L+C}-(1+10)$	$UV_{L+C}-(2+10)$	$UV_{L+C}-(4+10)$
1ª	0,221	0,122	0,115	0,081
2ª	0,244	0,258	0,136	0,056
3ª	0,379	0,294	0,118	0,027
4ª	0,557	0,381	0,200	0,104
5ª	0,631	0,286	0,330	0,137
6ª	0,842	0,394	0,583	0,287
7ª	0,767	0,422	0,597	0,502
8ª	0,772	0,370	0,637	0,675
9ª	0,666	0,344	0,738	0,861
10ª	0,570	0,402	0,740	0,873
11ª	0,570	0,423	0,596	0,901
12ª	0,511	0,526	0,799	0,951
13ª	0,785	0,730	0,684	1,005
14ª	0,581	0,653	0,577	1,021
15ª	0,201	0,529	0,366	0,981

HORDEUM DISTICHON L.

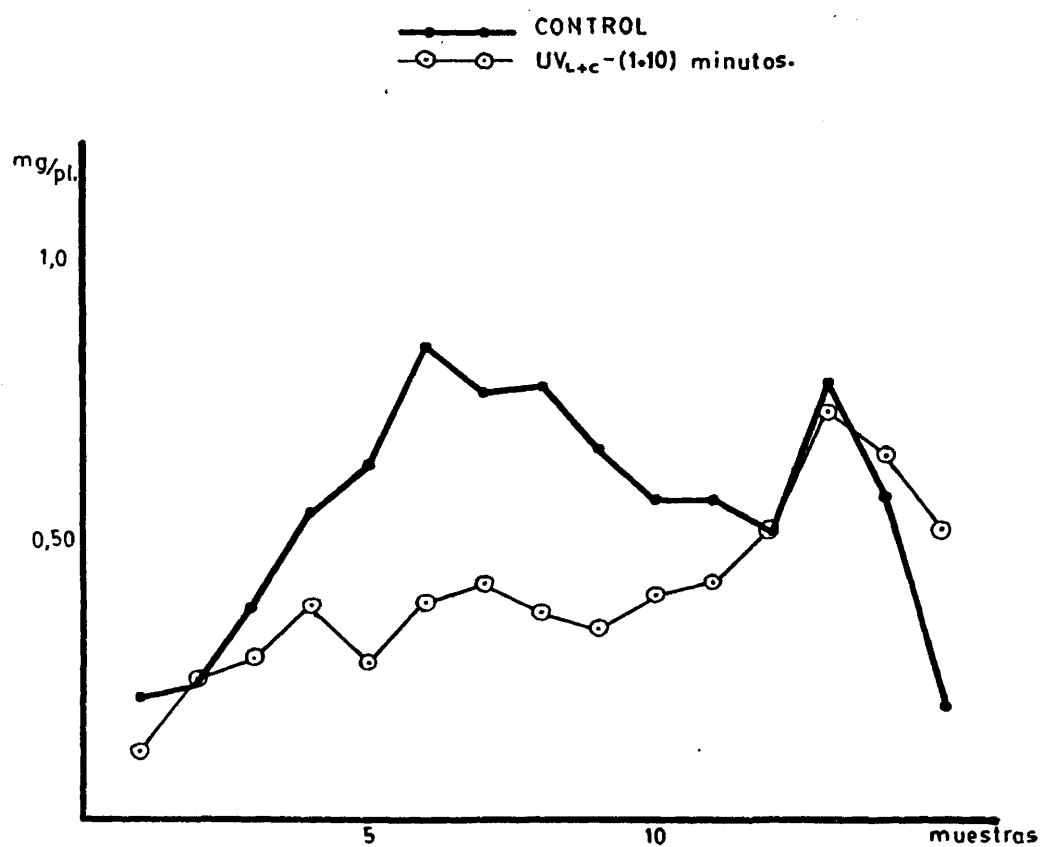


FIG.IV-45.-Contenido de Clorofila Total en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c} .

HORDEUM DISTICHON L.

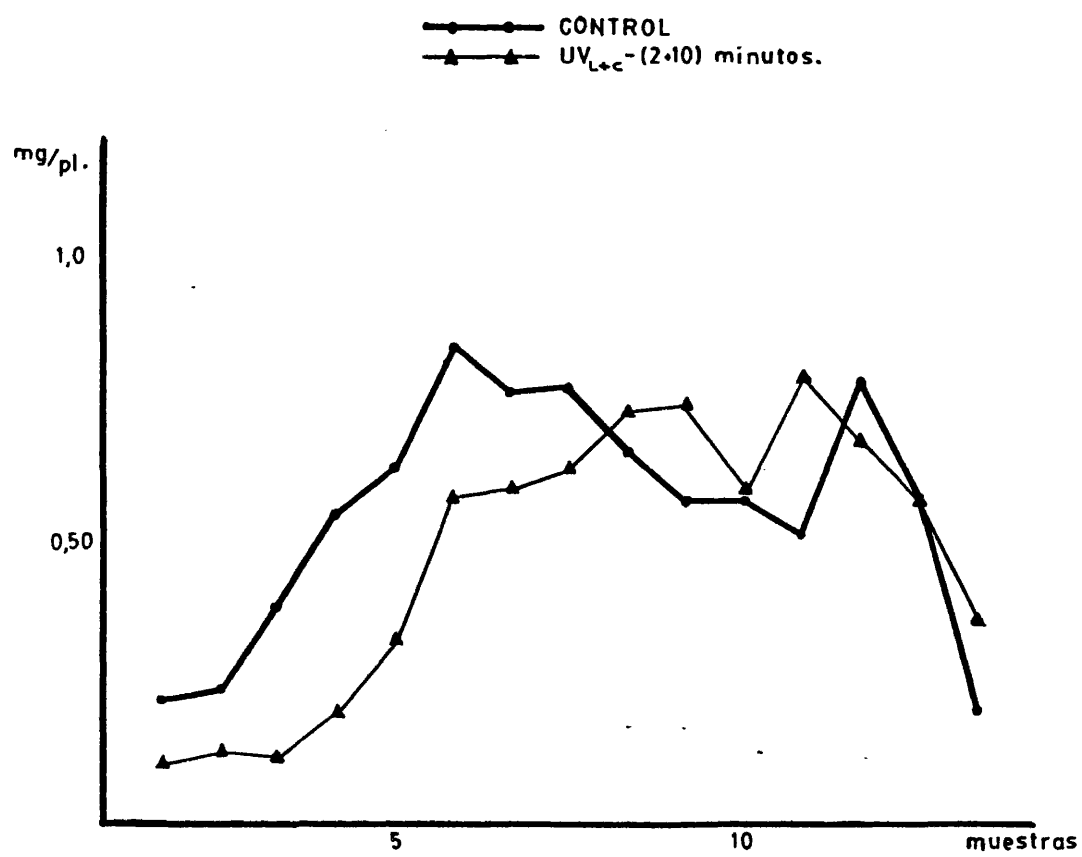


FIG.IV-46.-Contenido de Clorofila Total en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c} .

HORDEUM DISTICHON L.

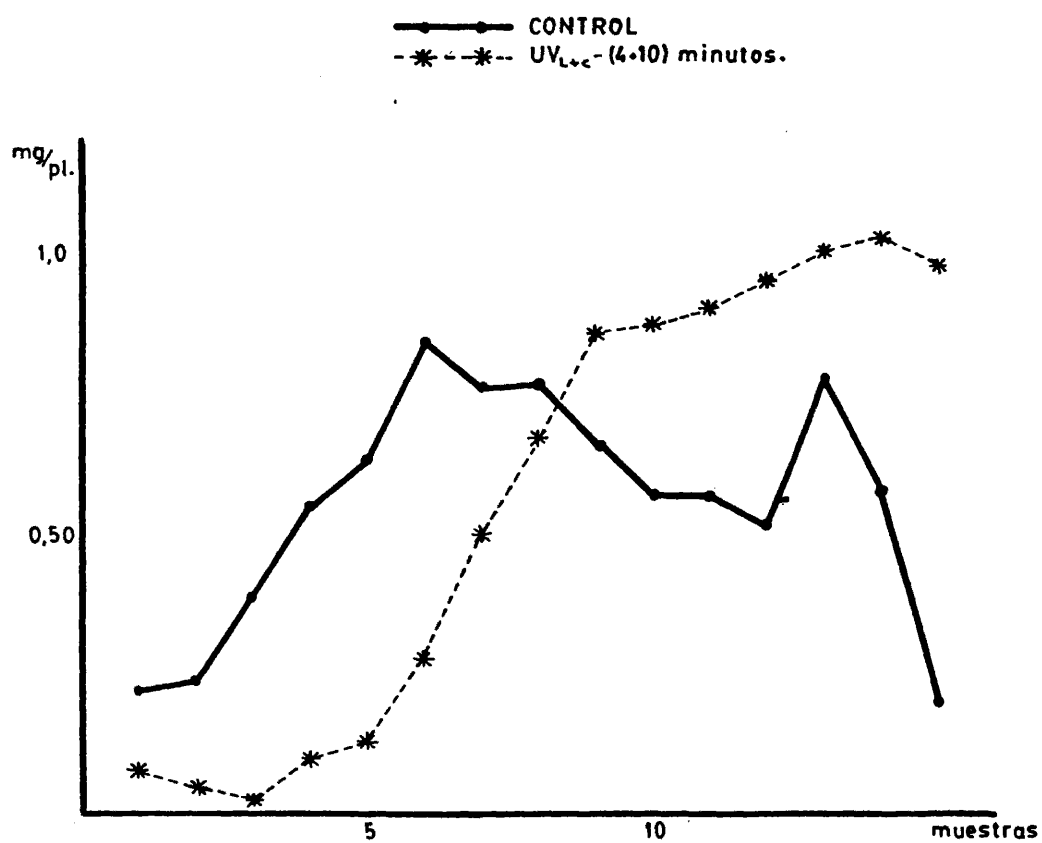


FIG.IV-47.-Contenido de Clorofila Total en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c}.

TARLA IV-19

Contenido de Clorofila Total, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
<u>ESPIGAS</u>				
12 ^a	0,239	0,285	---	0,364
13 ^a	0,267	0,264	0,331	0,406
14 ^a	0,285	0,409	0,475	0,505
15 ^a	0,078	0,340	0,321	0,396
<u>CAÑAS</u>				
12 ^a	0,272	0,450	---	0,536
13 ^a	0,517	0,372	0,563	0,608
14 ^a	0,296	0,431	0,509	0,531
15 ^a	0,123	0,301	0,316	0,367

HORDEUM DISTICHON L.

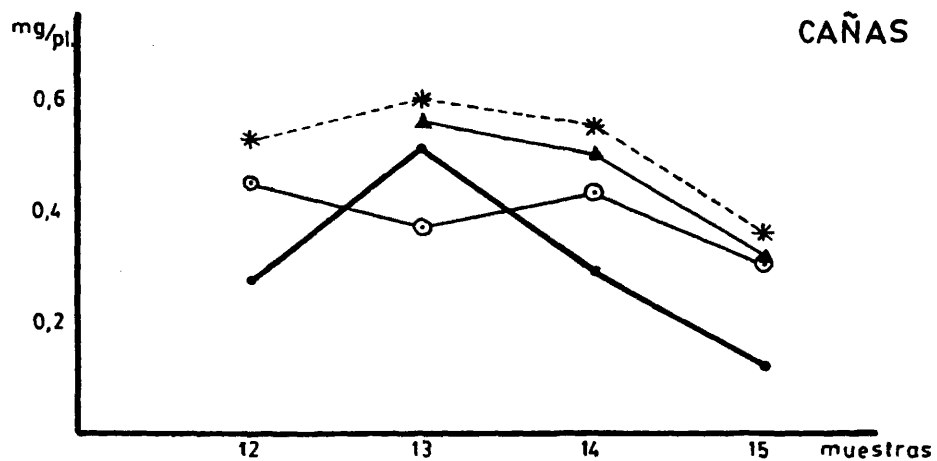
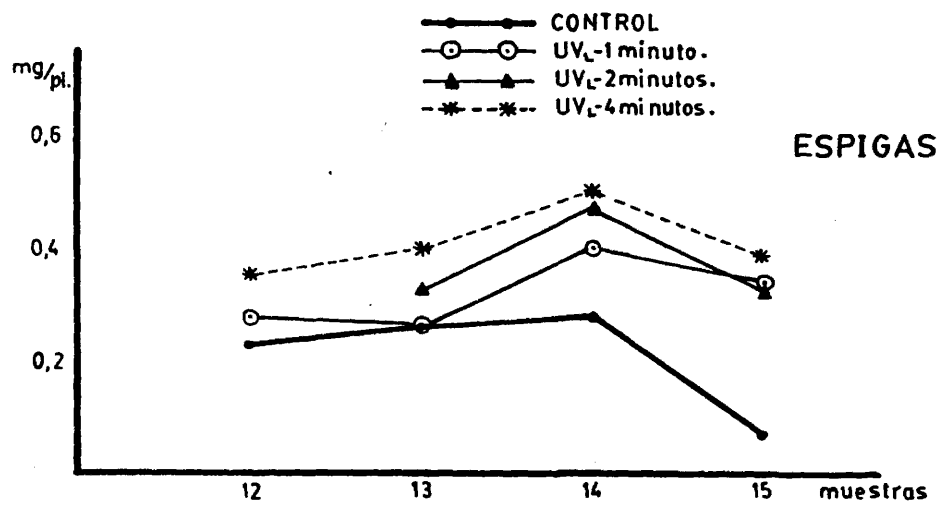


FIG.IV-48.-Contenido de Clorofila Total.

168

TABLA IV-20

Contenido de Clorofila Total, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum -- distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C})

MUESTRA	CONTROL	$UV_{L+C}-(1+10)$	$UV_{L+C}-(2+10)$	$UV_{L+C}-(4+10)$
<u>ESPIGAS</u>				
12 ^a	0,239	0,217	---	---
13 ^a	0,267	0,239	0,301	---
14 ^a	0,285	0,263	0,292	---
15 ^a	0,078	0,183	0,097	---
<u>CAÑAS</u>				
12 ^a	0,272	0,308	---	---
13 ^a	0,517	0,490	0,382	---
14 ^a	0,296	0,390	0,281	---
15 ^a	0,123	0,346	0,268	---

HORDEUM DISTICHON L.

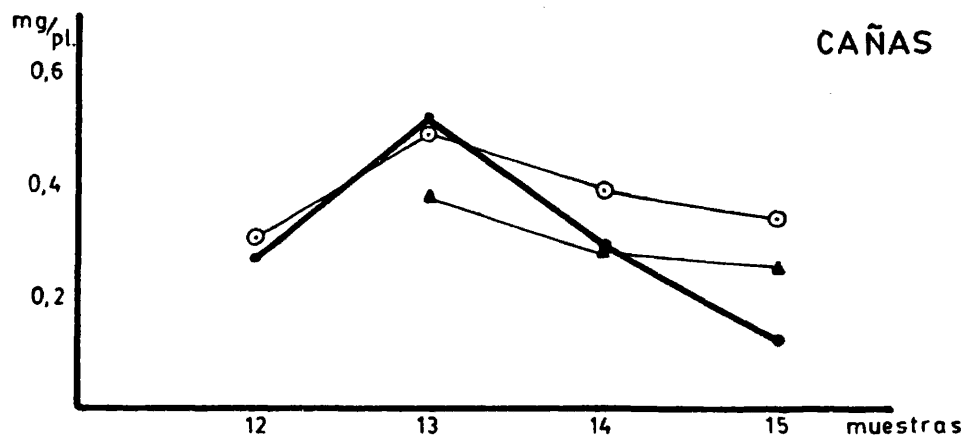
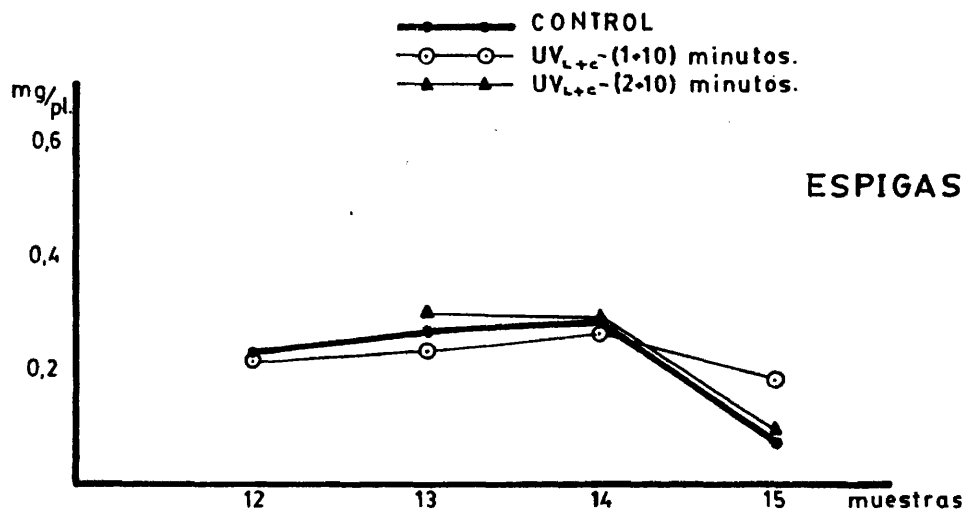


FIG.IV-49.-Contenido de Clorofila Total.

HORDEUM DISTICHON L.

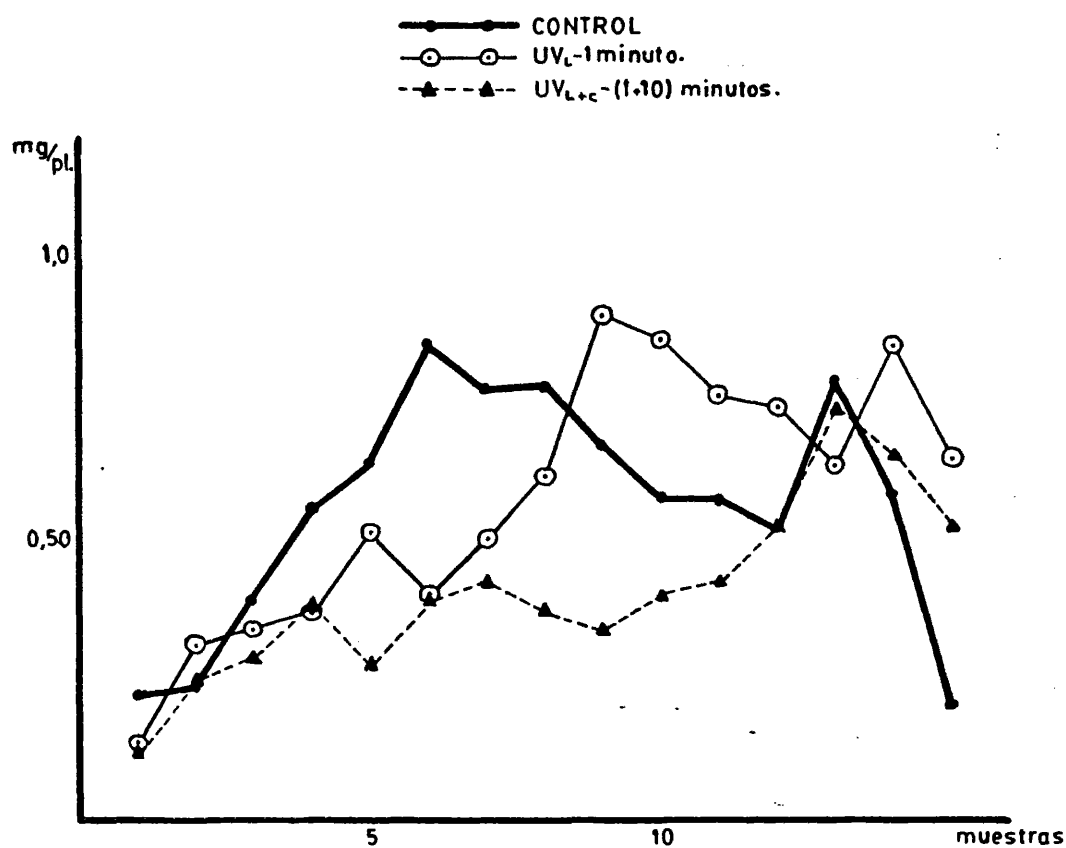


FIG.IV-50.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila Total en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

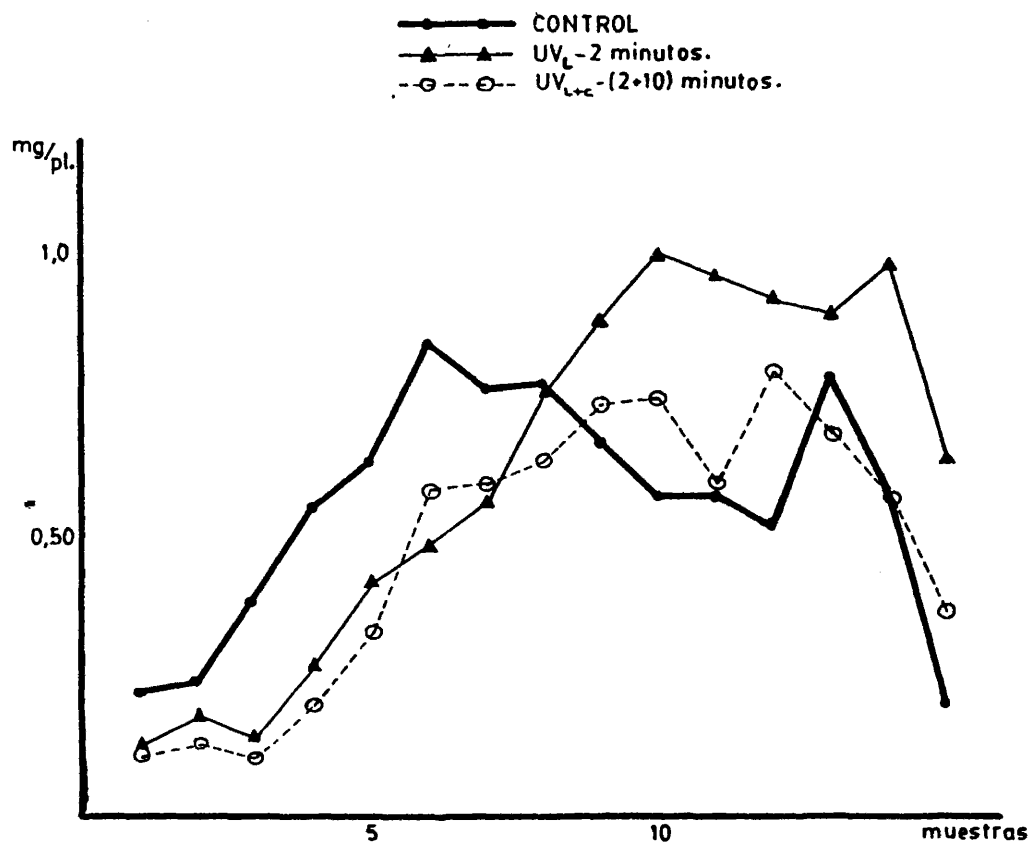


FIG.IV-51.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila Total en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c} .

HORDEUM DISTICHON L.

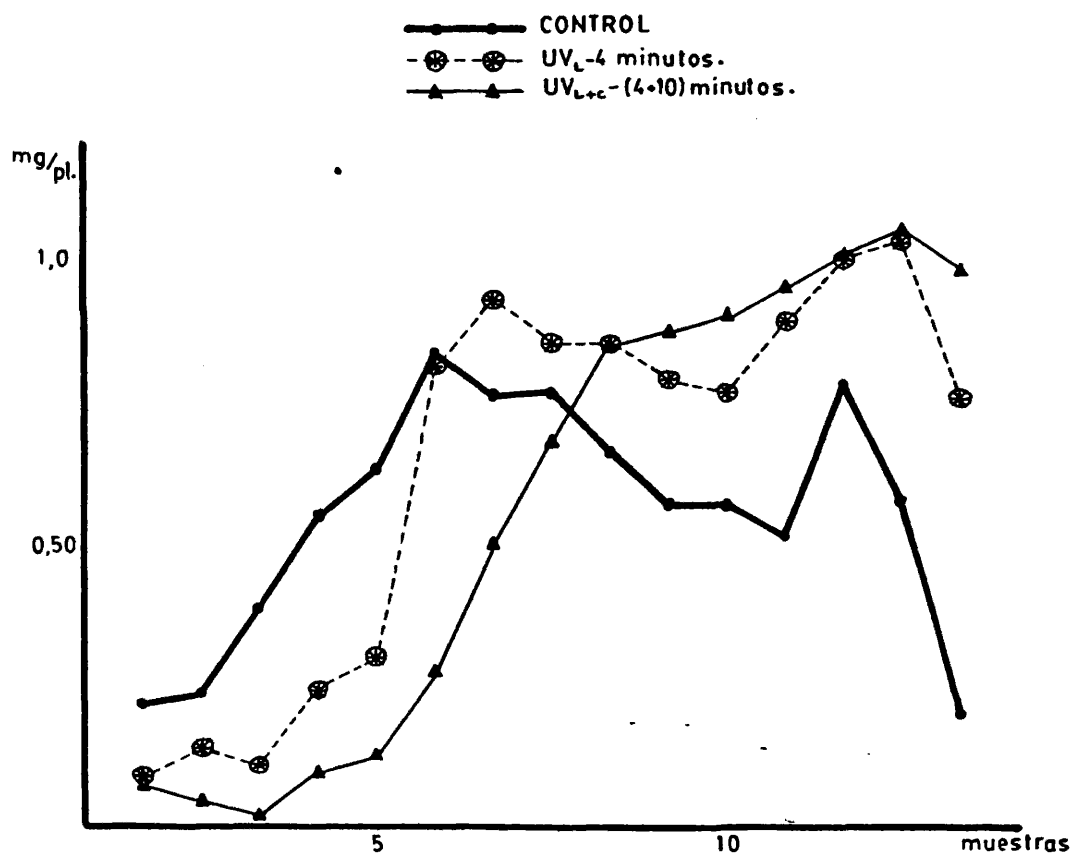


FIG.IV-52.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila Total en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

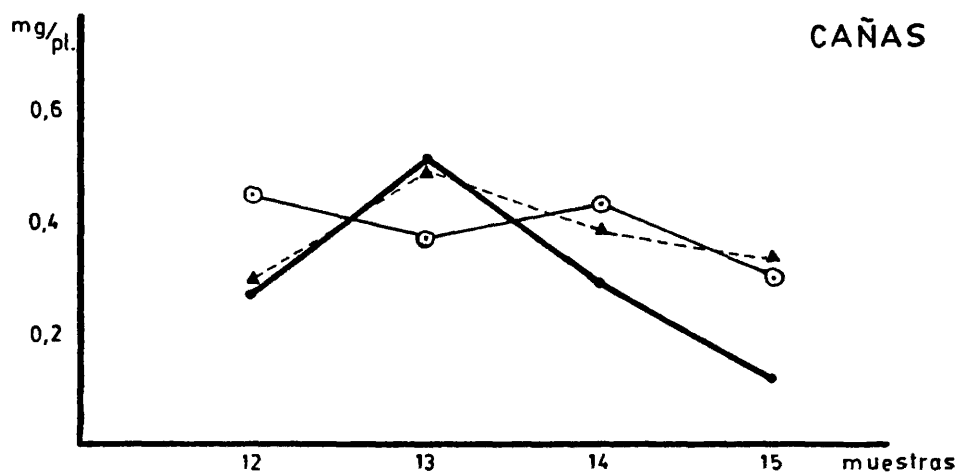
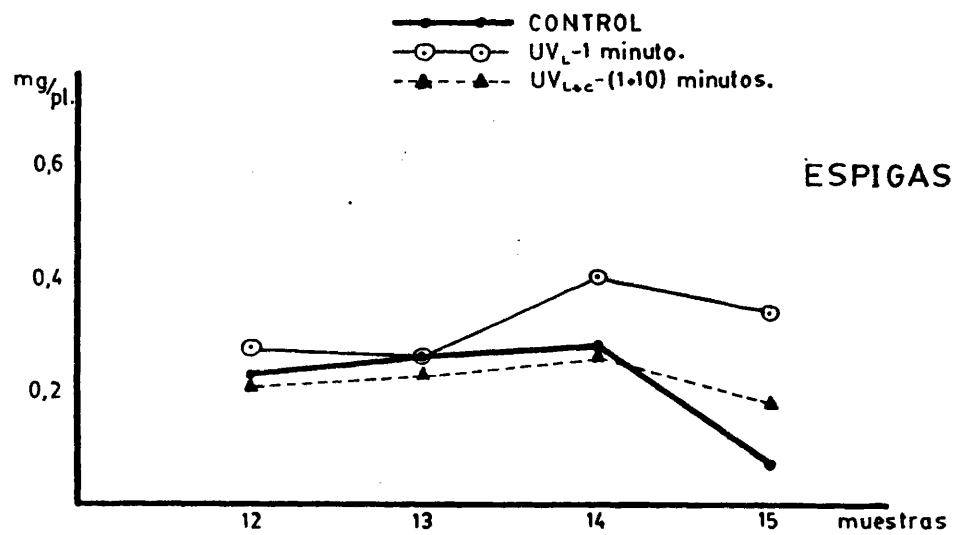


FIG.IV-53.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila Total.

HORDEUM DISTICHON L.

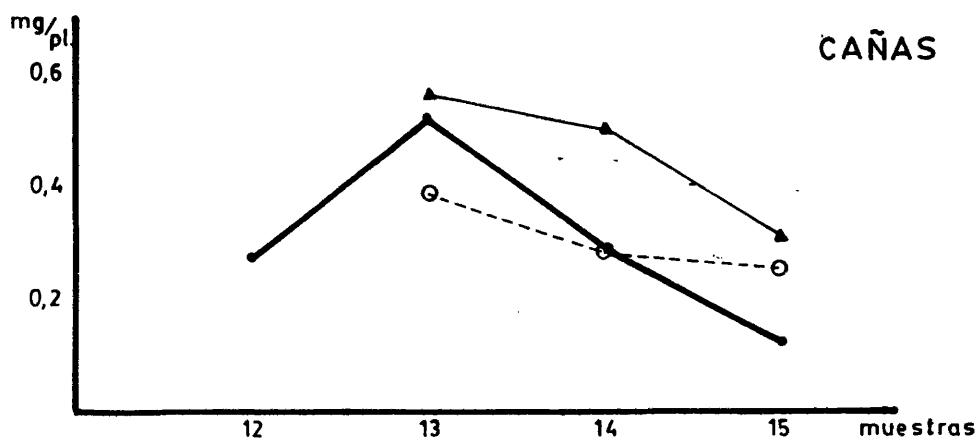
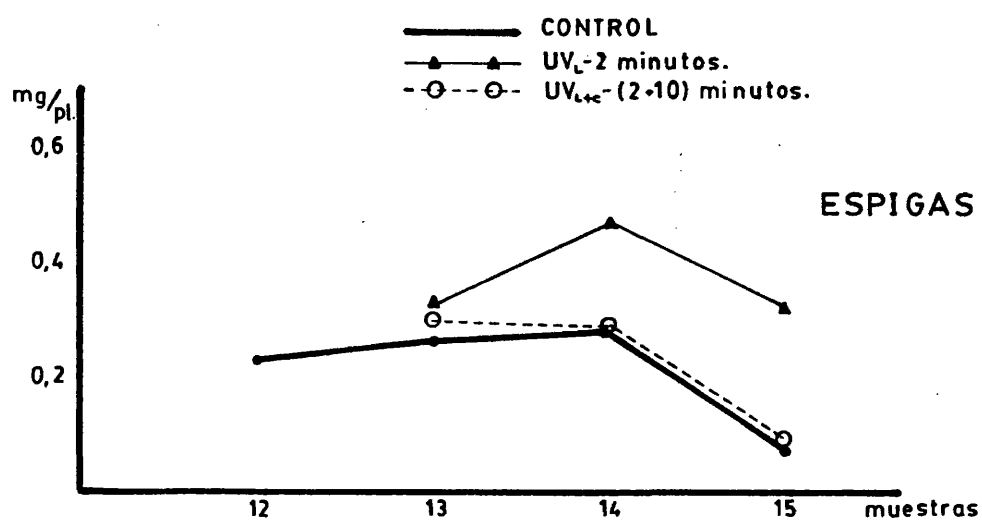


FIG.IV-54.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila Total.

HORDEUM DISTICHON L.

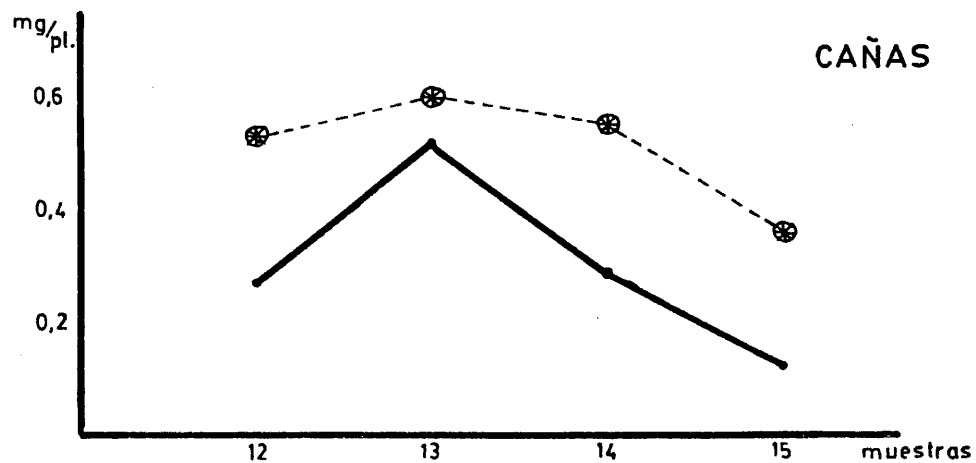
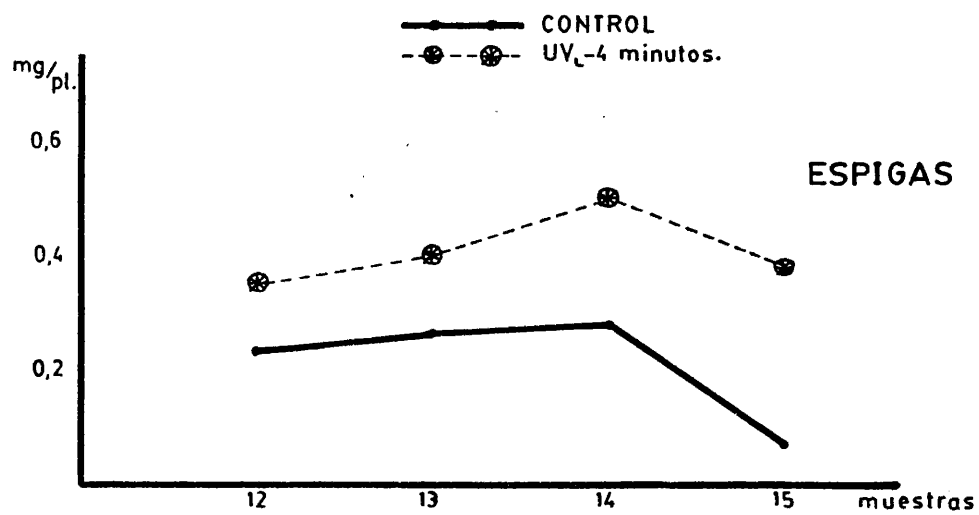


FIG.IV-55.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila Total.

TABLA IV-21

Contenido de Clorofila a, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRAS	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
1ª	0,142	0,105	0,096	0,061
2ª	0,170	0,202	0,118	0,089
3ª	0,237	0,225	0,071	0,069
4ª	0,414	0,279	0,214	0,187
5ª	0,480	0,371	0,322	0,230
6ª	0,619	0,307	0,369	0,579
7ª	0,586	0,380	0,434	0,695
8ª	0,594	0,465	0,552	0,619
9ª	0,513	0,652	0,667	0,615
10ª	0,448	0,645	0,794	0,604
11ª	0,448	0,568	0,753	0,624
12ª	0,399	0,565	0,703	0,683
13ª	0,602	0,495	0,688	0,752
14ª	0,452	0,649	0,745	0,778
15ª	0,140	0,497	0,495	0,575

HORDEUM DISTICHON L.

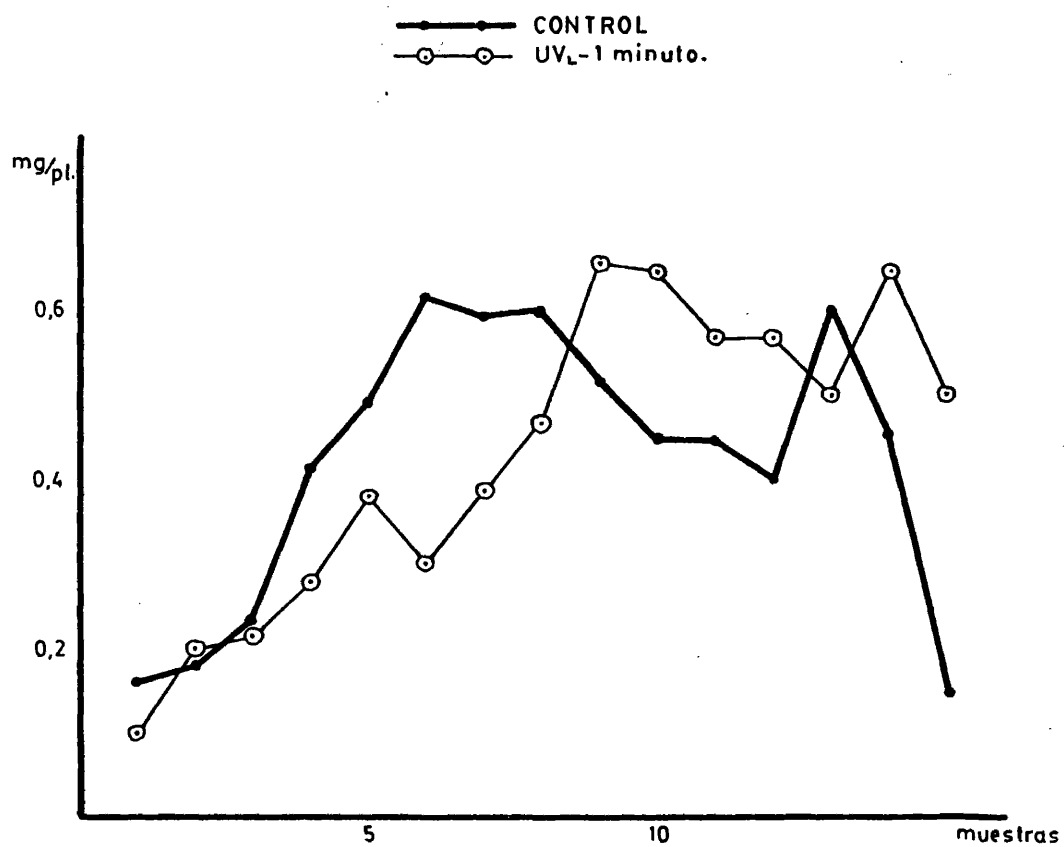


FIG.IV-56.-Contenido de Clorofila a en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

HORDEUM DISTICHON L.

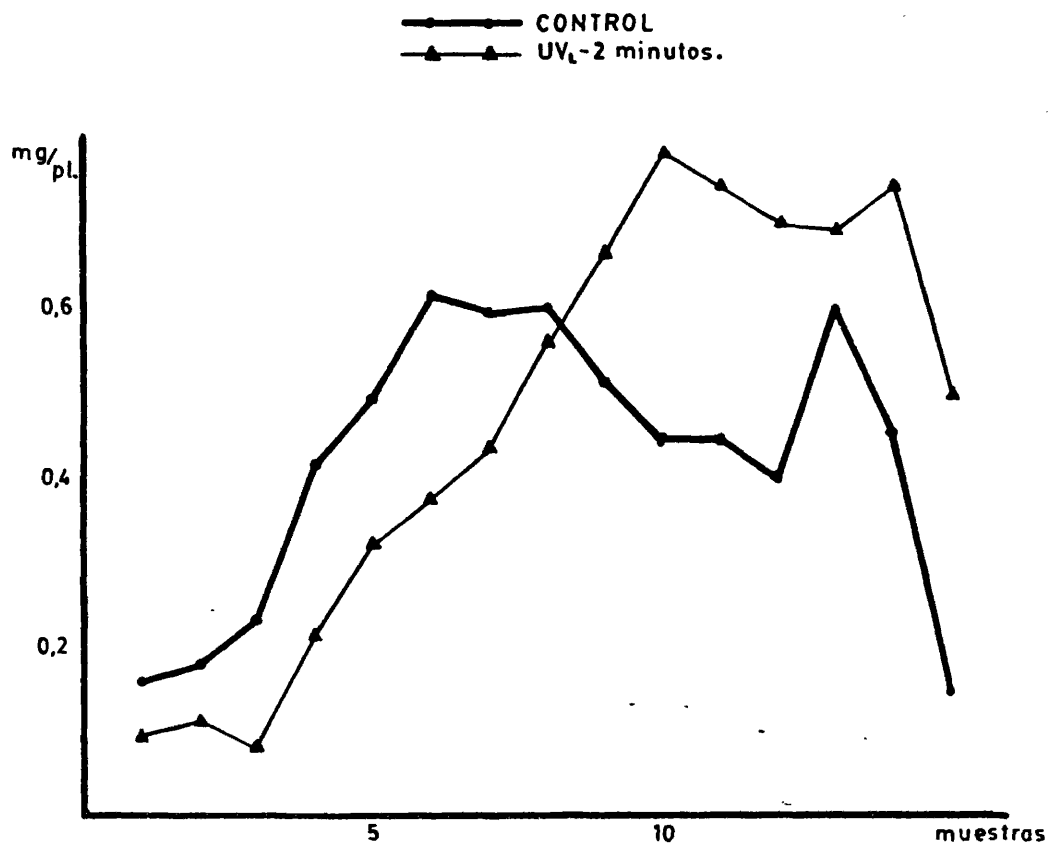


FIG.IV-57.-Contenido de Clorofila a en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

HORDEUM DISTICHON L.

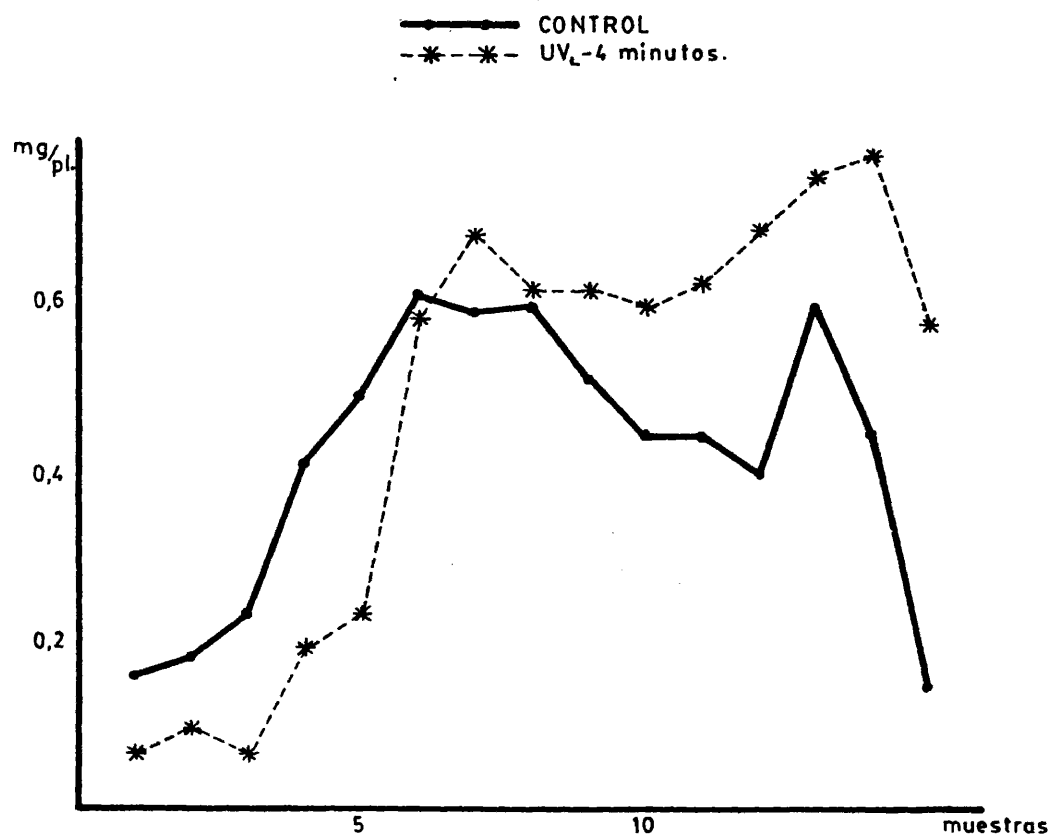


FIG.IV-58.-Contenido de Clorofila a en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

180

TABLA IV-22

Contenido de Clorofila a, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	$UV_{L+C}-(1+10)$	$UV_{L+C}-(2+10)$	$UV_{L+C}-(4+10)$
1ª	0,142	0,093	0,090	0,052
2ª	0,170	0,184	0,099	0,037
3ª	0,237	0,200	0,071	0,016
4ª	0,414	0,283	0,152	0,081
5ª	0,480	0,202	0,255	0,107
6ª	0,619	0,295	0,421	0,211
7ª	0,586	0,305	0,443	0,370
8ª	0,594	0,291	0,472	0,471
9ª	0,513	0,267	0,562	0,566
10ª	0,448	0,303	0,582	0,689
11ª	0,448	0,333	0,485	0,661
12ª	0,399	0,408	0,616	0,733
13ª	0,602	0,572	0,528	0,781
14ª	0,452	0,509	0,336	0,788
15ª	0,140	0,411	0,267	0,707

HORDEUM DISTICHON L.

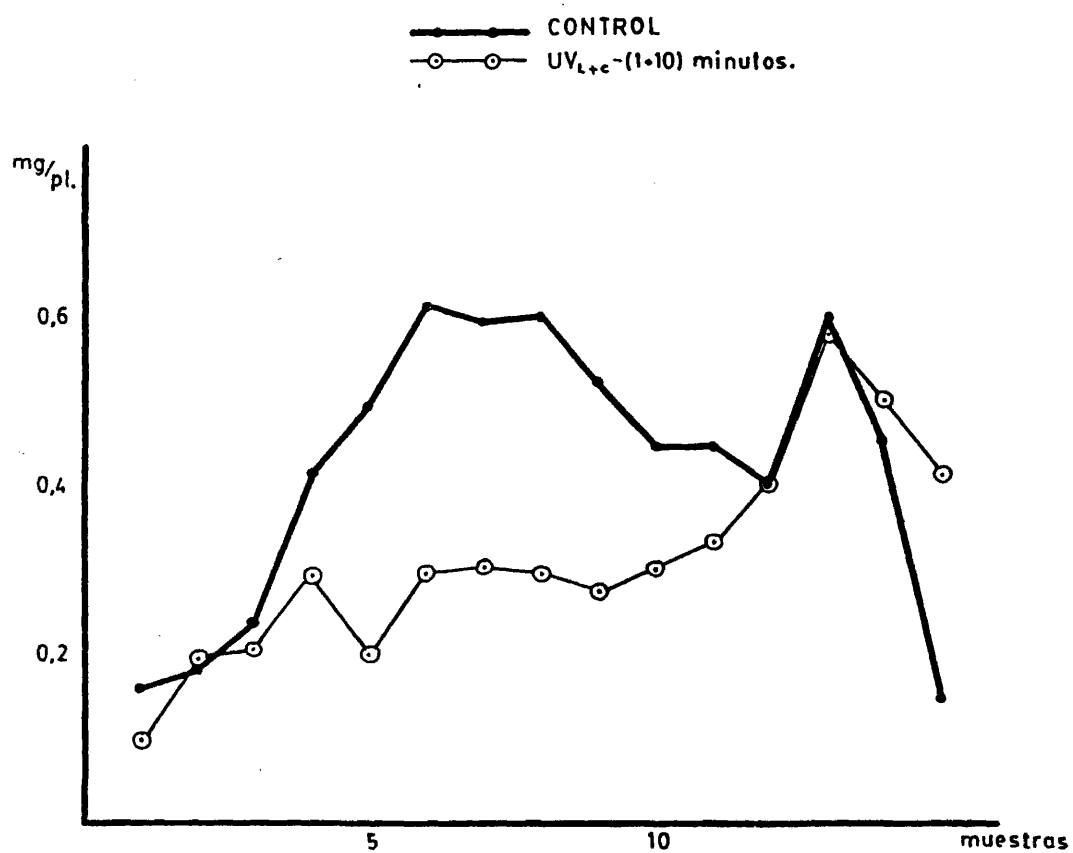


FIG.IV-59.-Contenido de Clorofila a en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

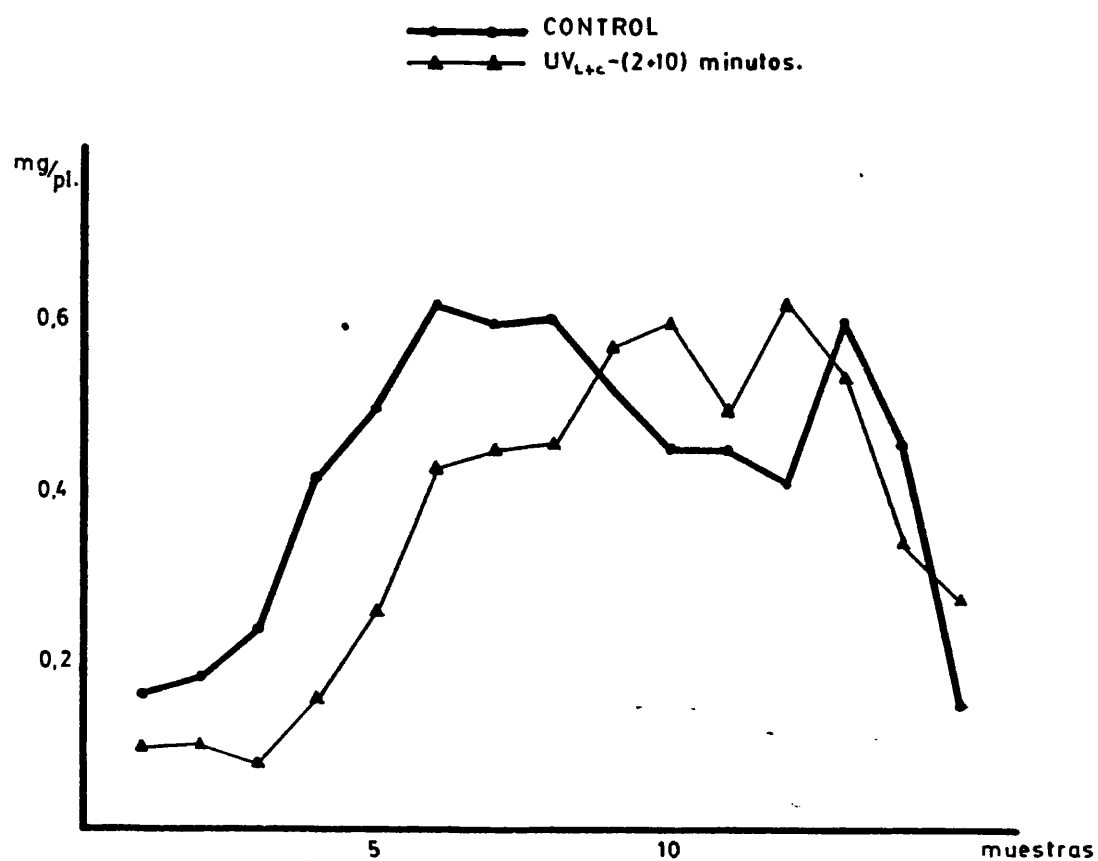


FIG.IV-60.-Contenido de Clorofila a en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c} .

HORDEUM DISTICHON L.

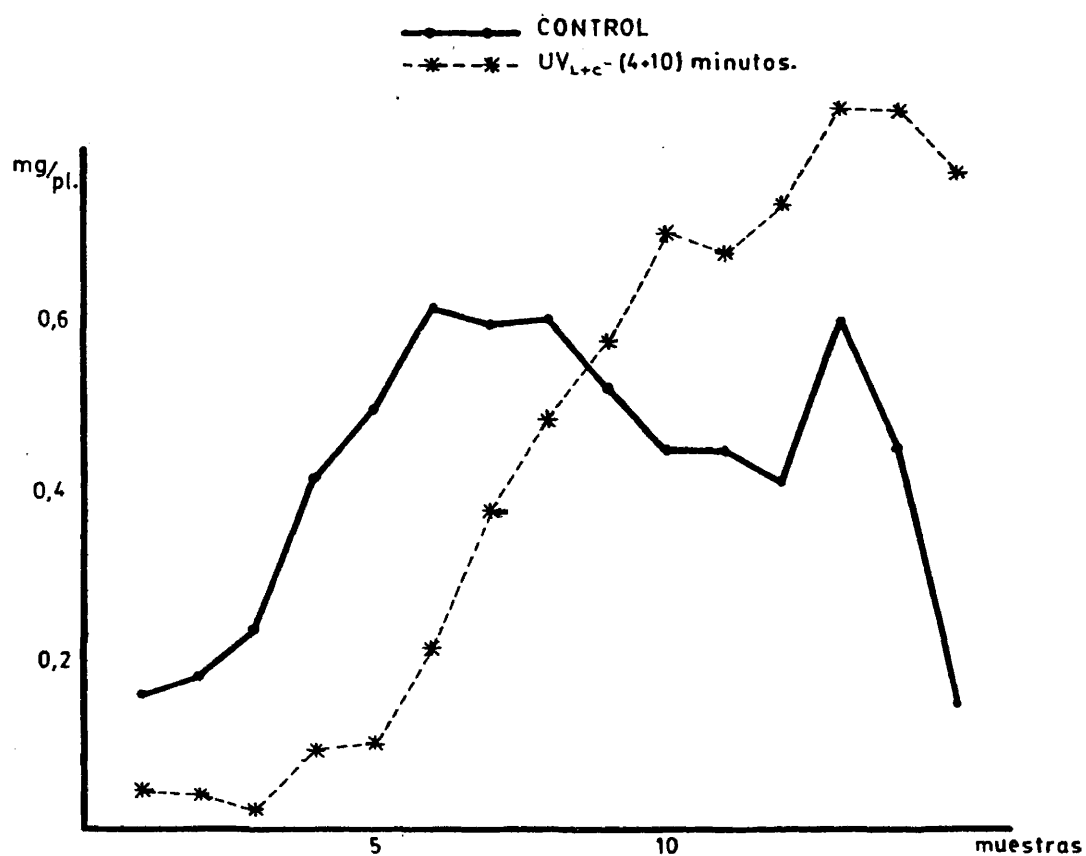


FIG.IV-61.-Contenido de Clorofila a en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c}.

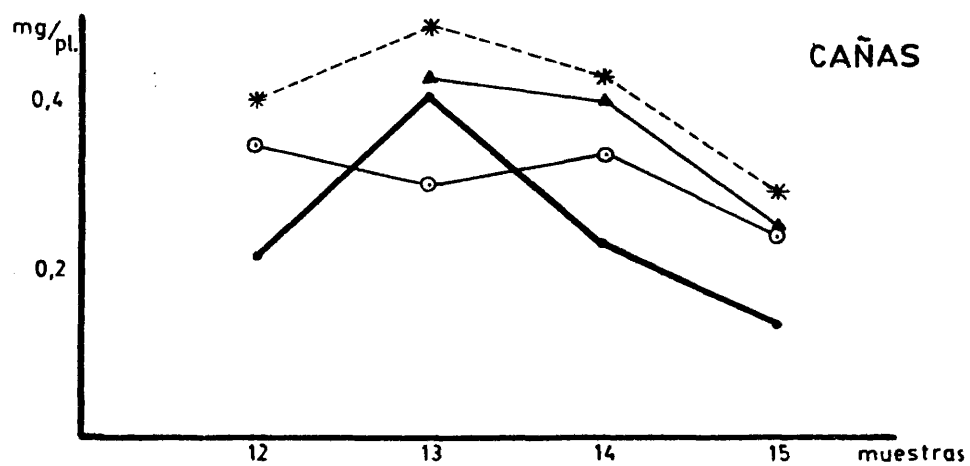
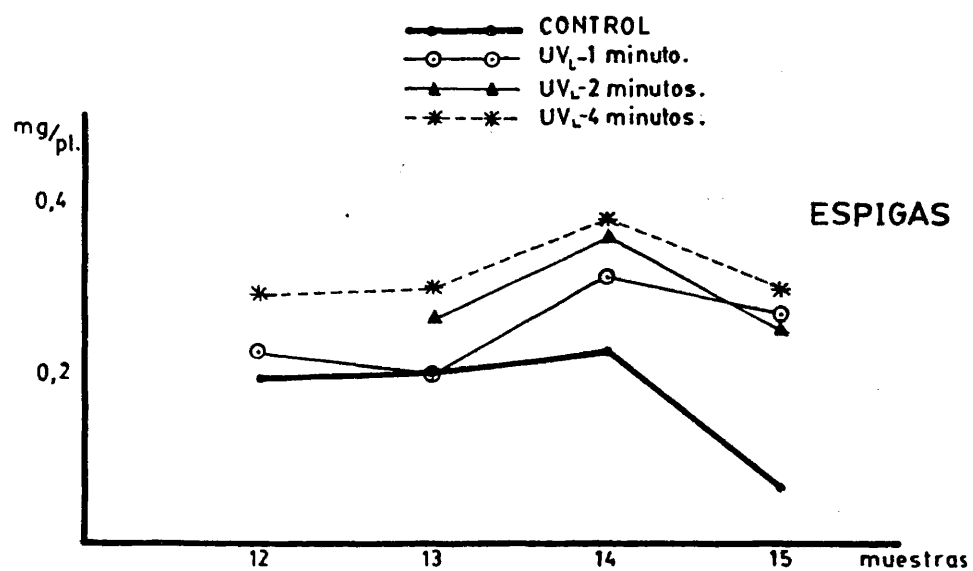
154

TABLA IV-23

Contenido de Clorofila a, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRAS	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
<u>ESPIGAS</u>				
12 ^a	0,188	0,221	---	0,283
13 ^a	0,198	0,205	0,258	0,293
14 ^a	0,225	0,312	0,354	0,374
15 ^a	0,060	0,262	0,248	0,294
<u>CAÑAS</u>				
12 ^a	0,211	0,343	---	0,405
13 ^a	0,403	0,289	0,429	0,478
14 ^a	0,226	0,337	0,391	0,404
15 ^a	0,079	0,235	0,246	0,281

HORDEUM DISTICHON L.

FIG.IV-62.-Contenido de Clorofila a.

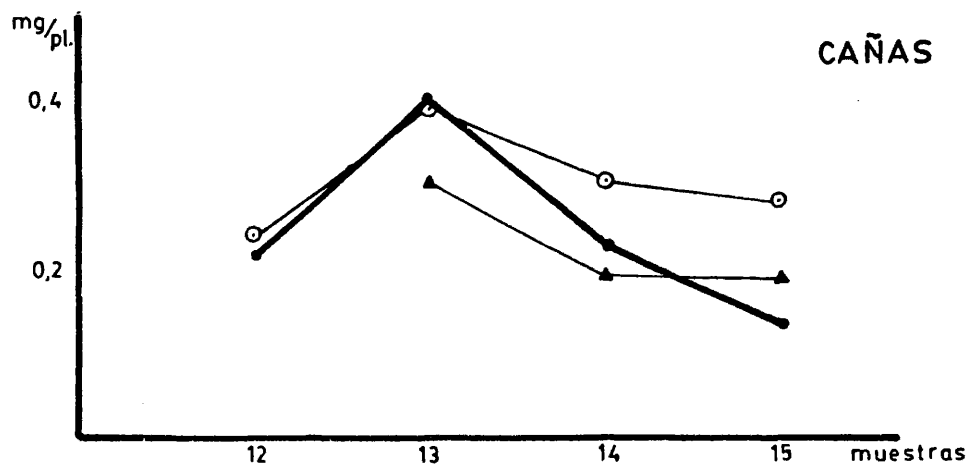
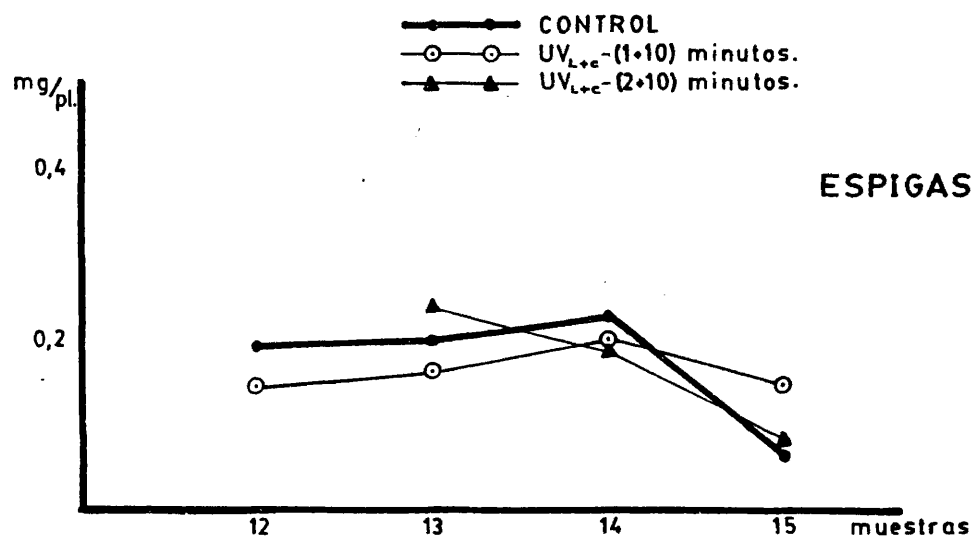
186

TABLA IV-24

Contenido de Clorofila a, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	UV _{L+C} -(1+10)	UV _{L+C} -(2+10)	UV _{L+C} -(4+10)
<u>ESPIGAS</u>				
12ª	0,188	0,170	---	---
13ª	0,198	0,188	0,235	---
14ª	0,225	0,203	0,200	---
15ª	0,060	0,140	0,074	---
<u>CAÑAS</u>				
12ª	0,211	0,237	---	---
13ª	0,403	0,384	0,293	---
14ª	0,226	0,305	0,176	---
15ª	0,079	0,270	0,193	---

HORDEUM DISTICHON L.

FIG.IV-63.-Contenido de Clorofila a.

HORDEUM DISTICHON L.

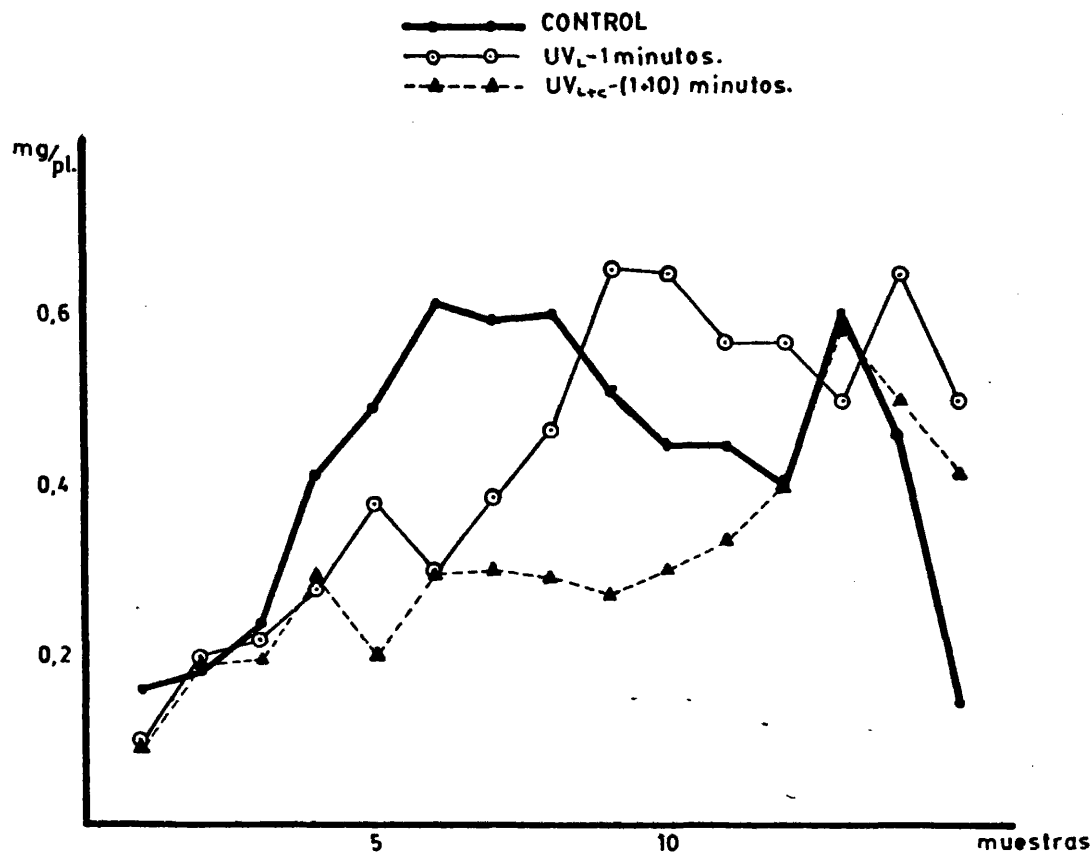


FIG.IV-64.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila *a* en plantas de *H.distichon L.* irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

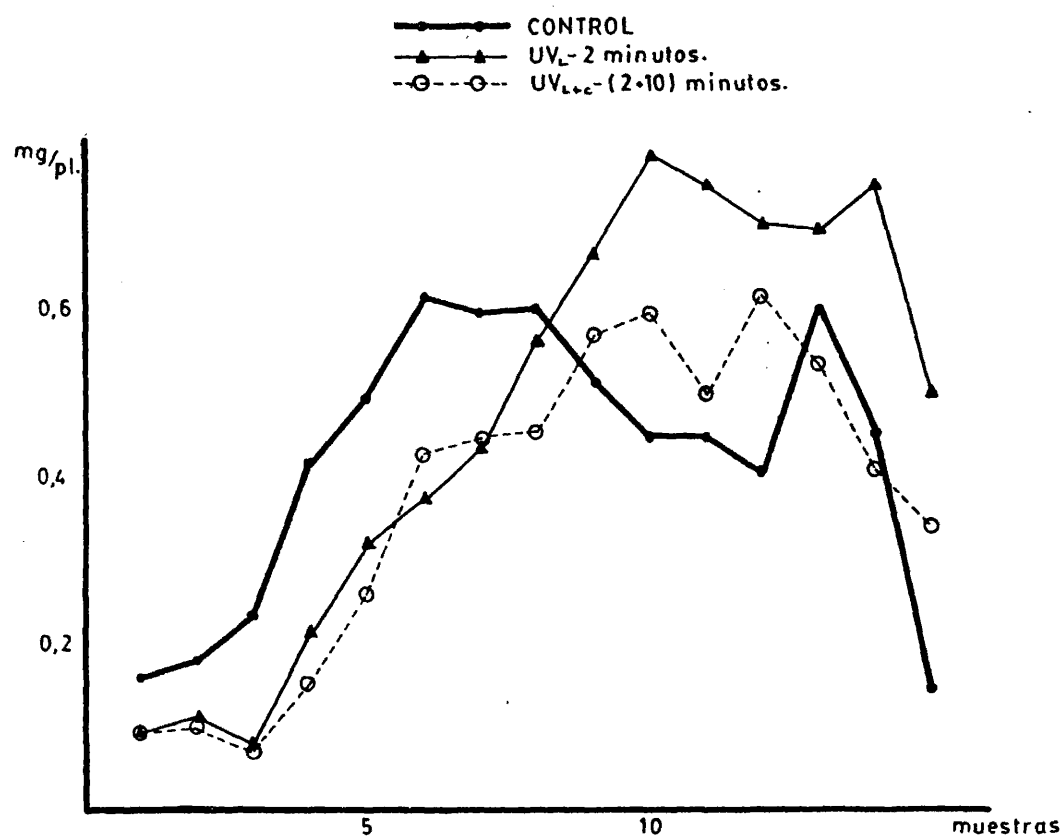


FIG.IV-65.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila *a* en plantas de *H.distichon* L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

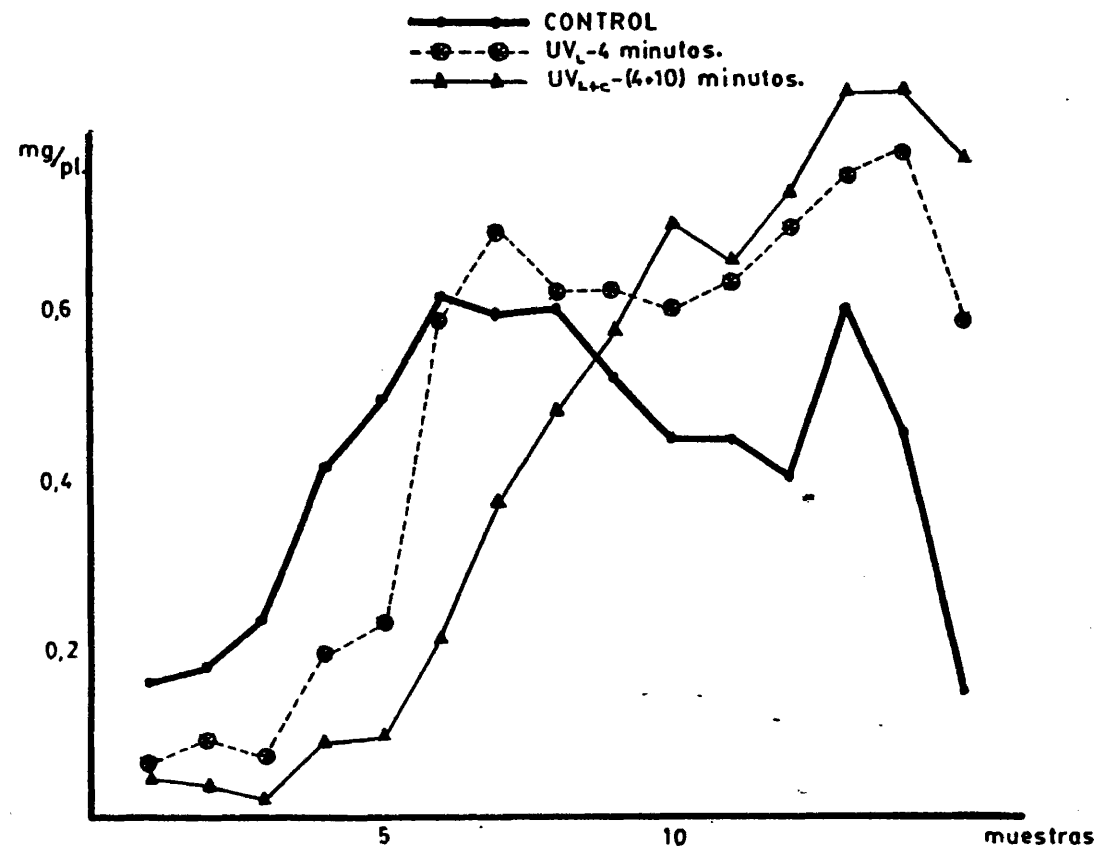


FIG.IV-66.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila a en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

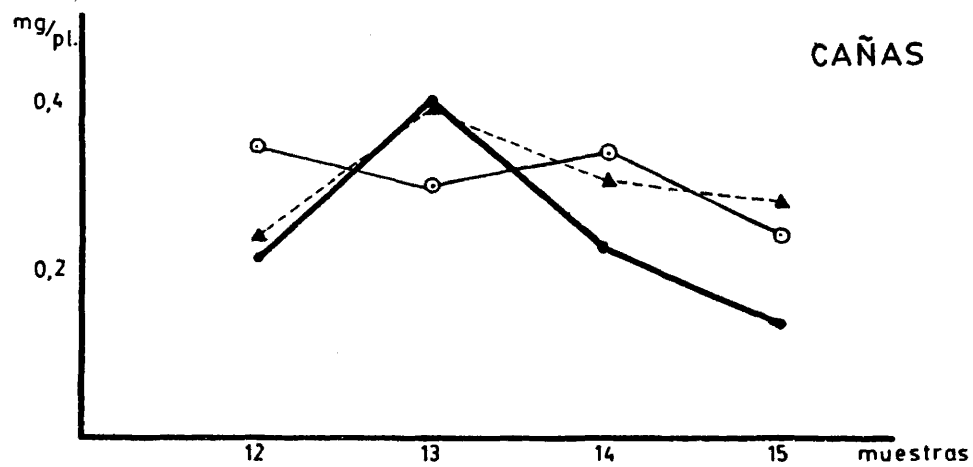
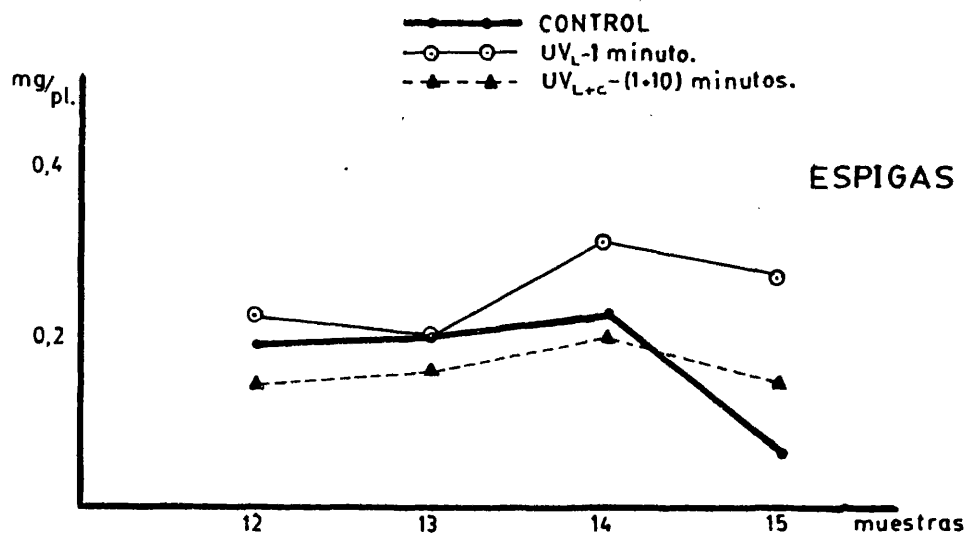


FIG.IV-67.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila g.

HORDEUM DISTICHON L.

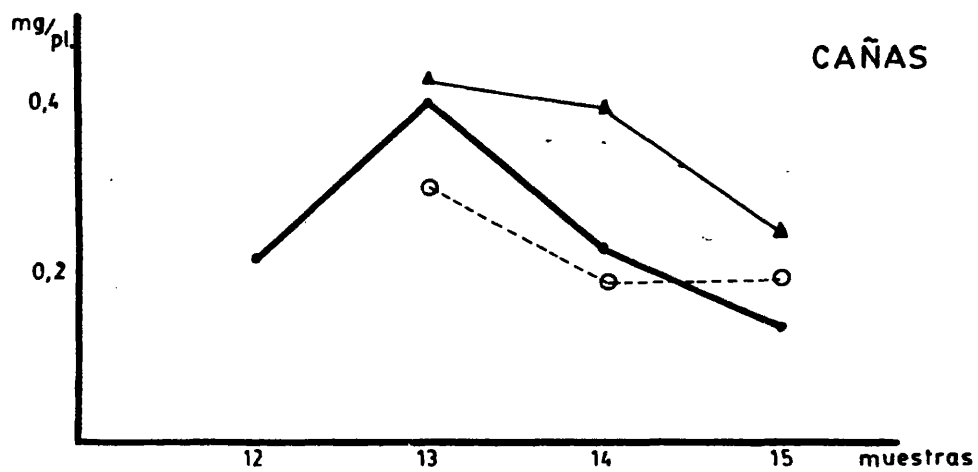
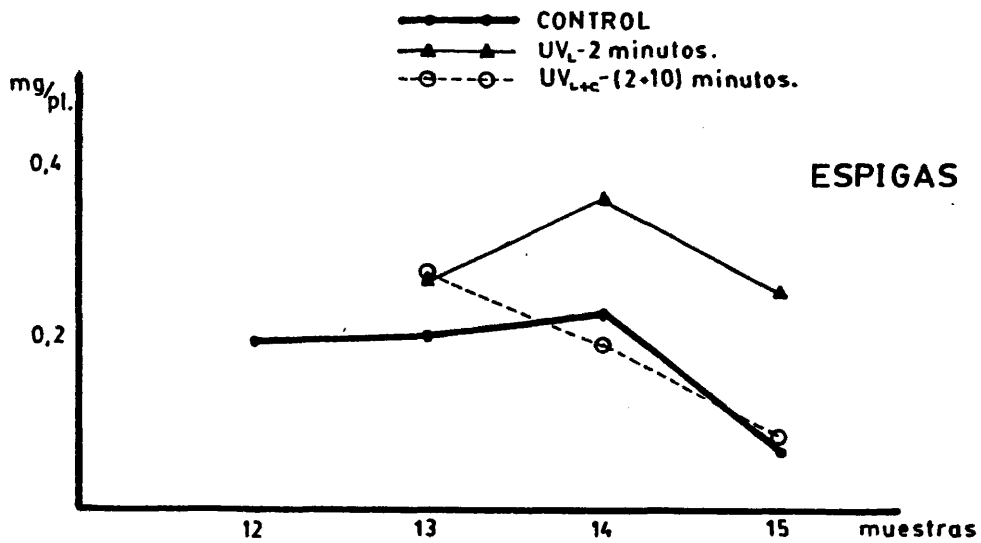


FIG.IV-68.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila a.

HORDEUM DISTICHON L.

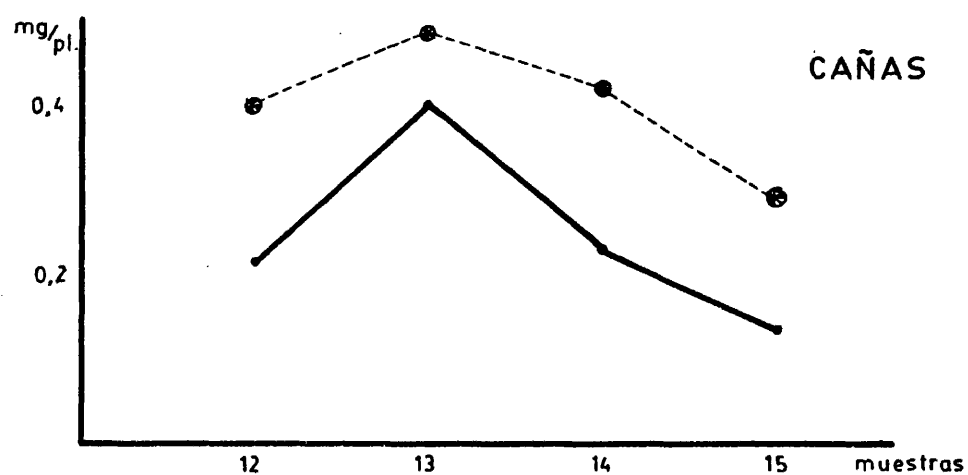
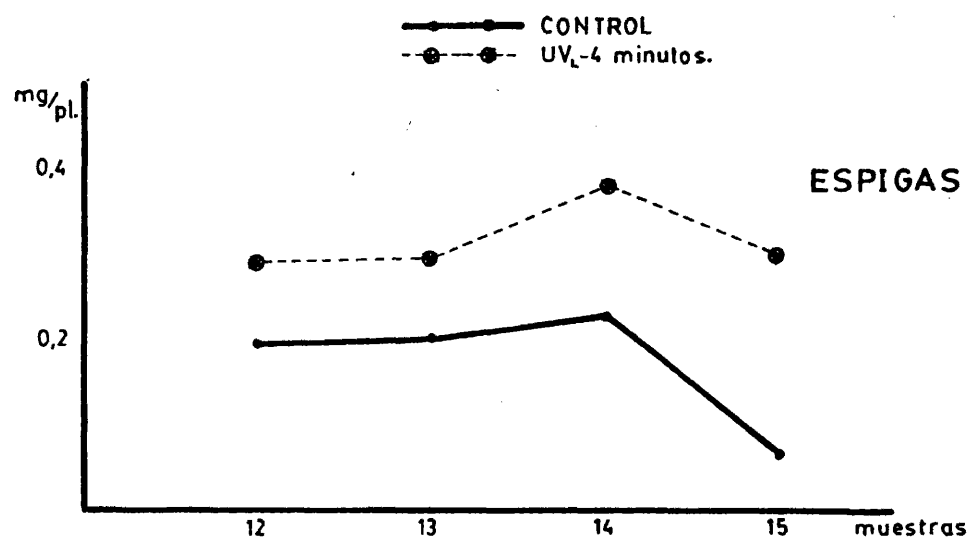


FIG.IV-69.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila *a*.

194

TABLA IV-25

Contenido de Clorofila b, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRAS	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
1ª	0,078	0,043	0,035	0,034
2ª	0,074	0,108	0,061	0,053
3ª	0,142	0,117	0,062	0,046
4ª	0,143	0,099	0,063	0,059
5ª	0,151	0,147	0,100	0,082
6ª	0,223	0,100	0,115	0,241
7ª	0,181	0,122	0,130	0,248
8ª	0,178	0,146	0,212	0,238
9ª	0,153	0,241	0,214	0,192
10ª	0,122	0,212	0,201	0,190
11ª	0,122	0,191	0,213	0,152
12ª	0,111	0,171	0,220	0,212
13ª	0,183	0,142	0,206	0,256
14ª	0,128	0,191	0,240	0,267
15ª	0,061	0,145	0,142	0,182

HORDEUM DISTICHON L.

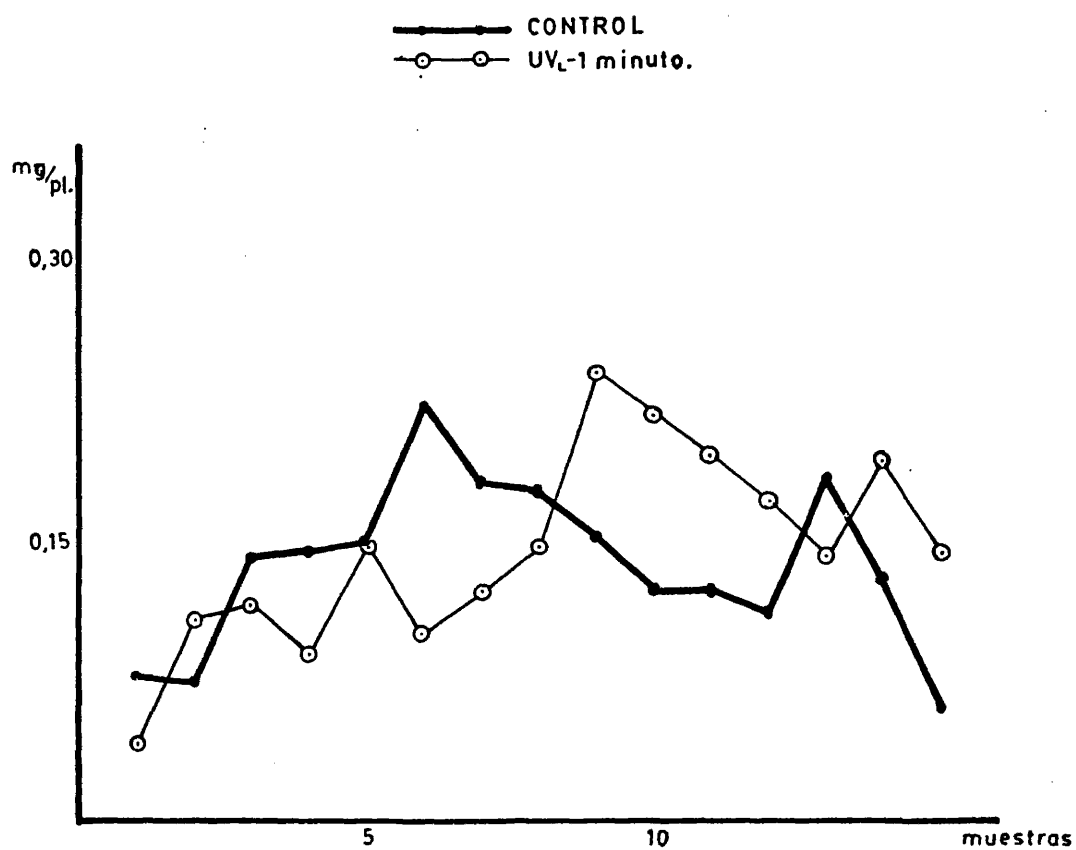


FIG.IV-70.-Contenido de Clorofila b en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

HORDEUM DISTICHON L.

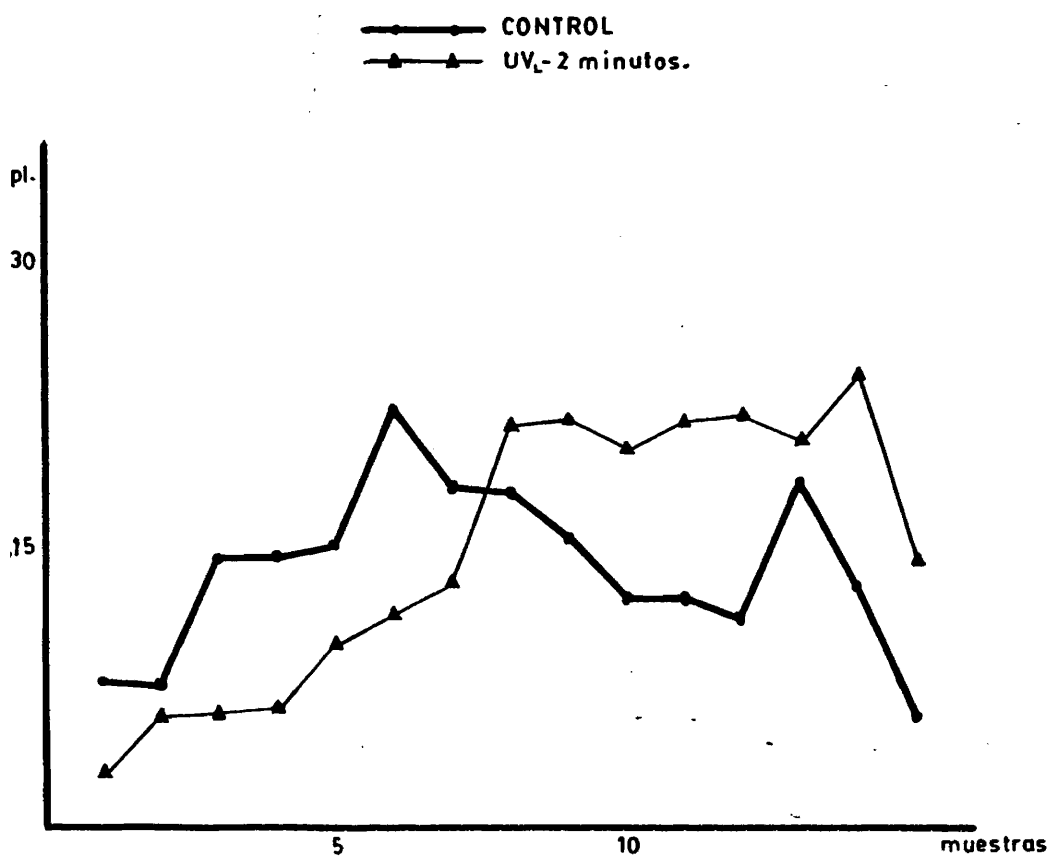


FIG.IV-71.-Contenido de Clorofila b en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

HORDEUM DISTICHON L.

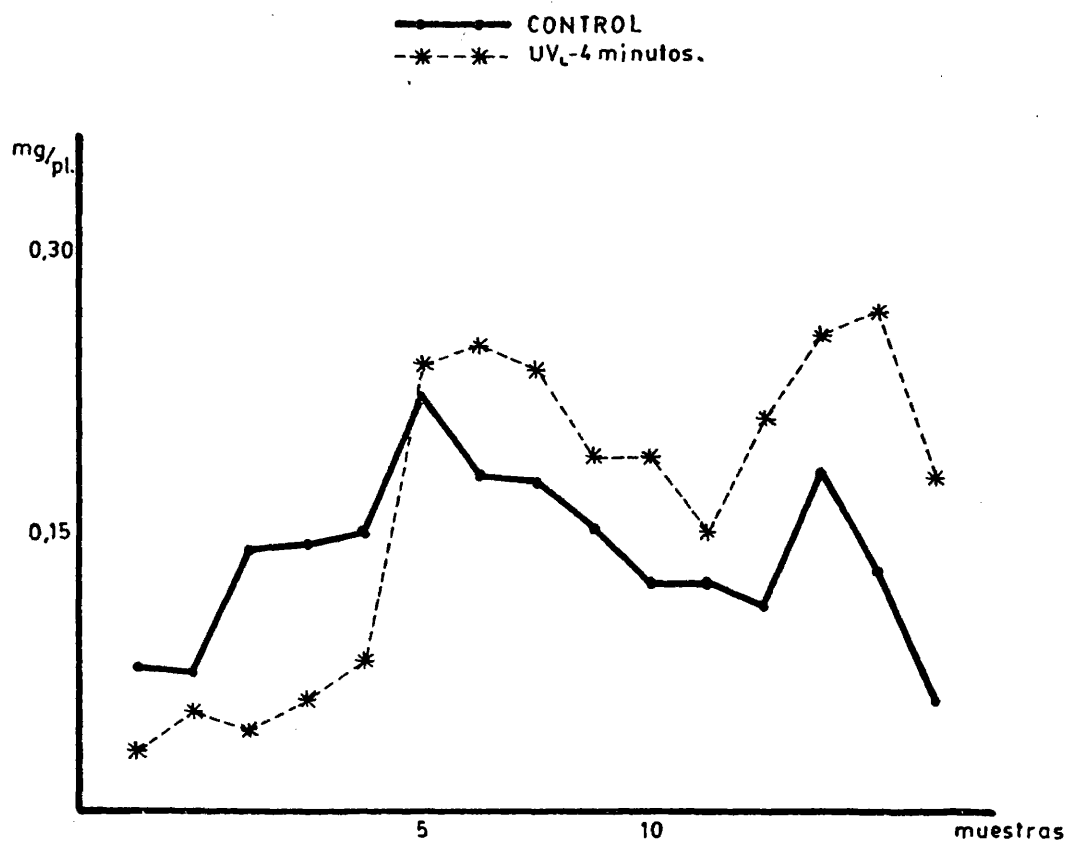


FIG.IV-72.-Contenido de Clorofila b en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

198

TABLA IV-26

Contenido de Clorofila b, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}).

MUESTRAS	CONTROL	$UV_{L+C}-(1+10)$	$UV_{L+C}-(2+10)$	$UV_{L+C}-(4+10)$
1ª	0,078	0,028	0,025	0,028
2ª	0,074	0,074	0,037	0,019
3ª	0,142	0,093	0,046	0,011
4ª	0,143	0,098	0,047	0,022
5ª	0,151	0,084	0,075	0,029
6ª	0,223	0,099	0,154	0,075
7ª	0,181	0,117	0,162	0,131
8ª	0,178	0,078	0,165	0,204
9ª	0,153	0,076	0,176	0,295
10ª	0,122	0,105	0,157	0,184
11ª	0,122	0,095	0,111	0,244
12ª	0,111	0,117	0,183	0,226
13ª	0,183	0,157	0,155	0,223
14ª	0,128	0,144	0,241	0,248
15ª	0,061	0,118	0,098	0,280

HORDEUM DISTICHON L.

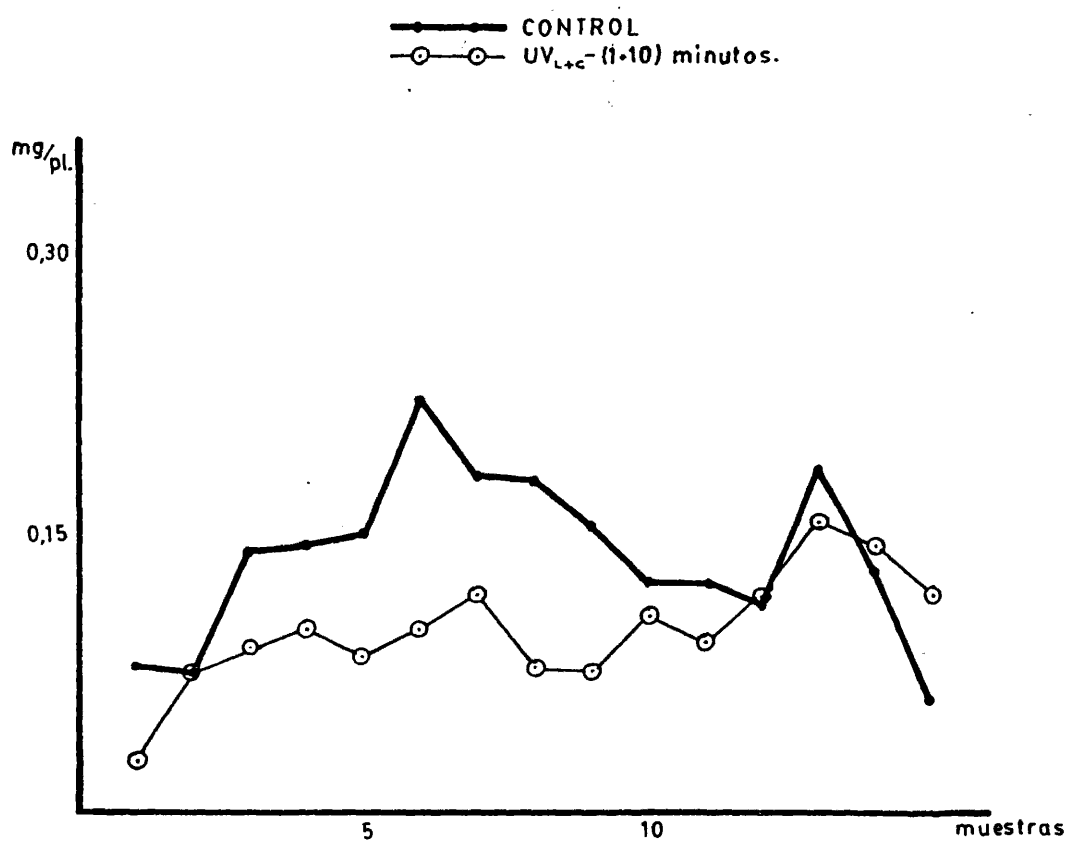


FIG.IV-73.-Contenido de Clorofila b en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

—●— CONTROL
—▲— UV_{L+c} (2+10) minutos.

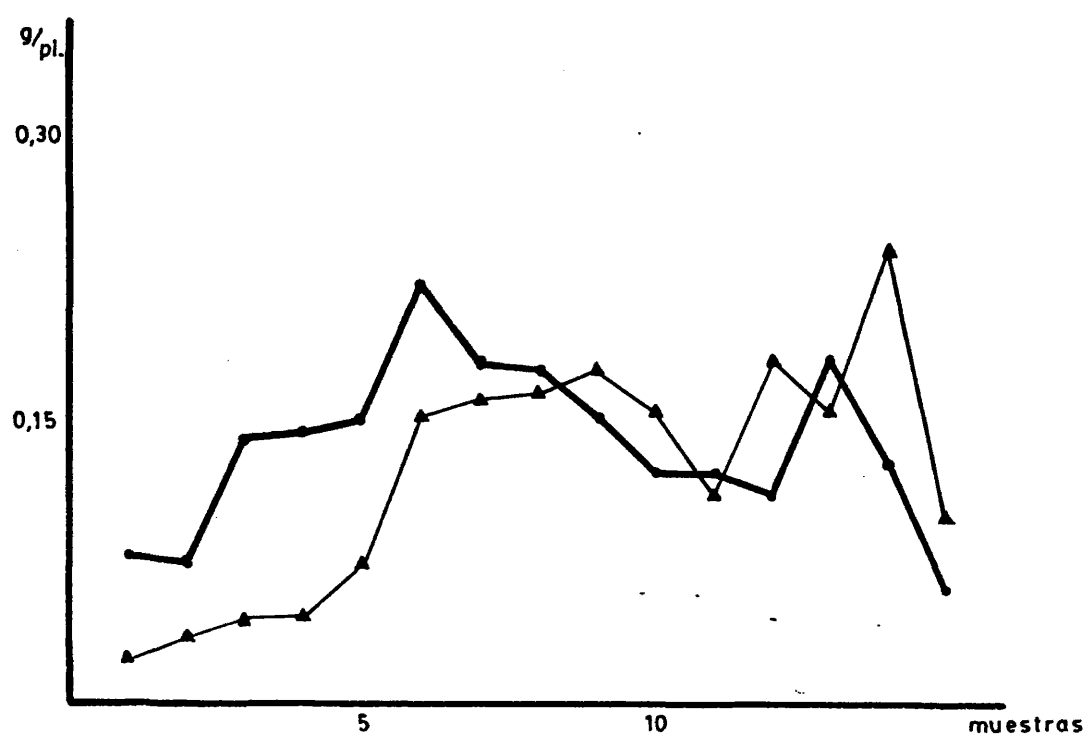


FIG.IV-74.-Contenido de Clorofila b en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c} .

HORDEUM DISTICHON L.

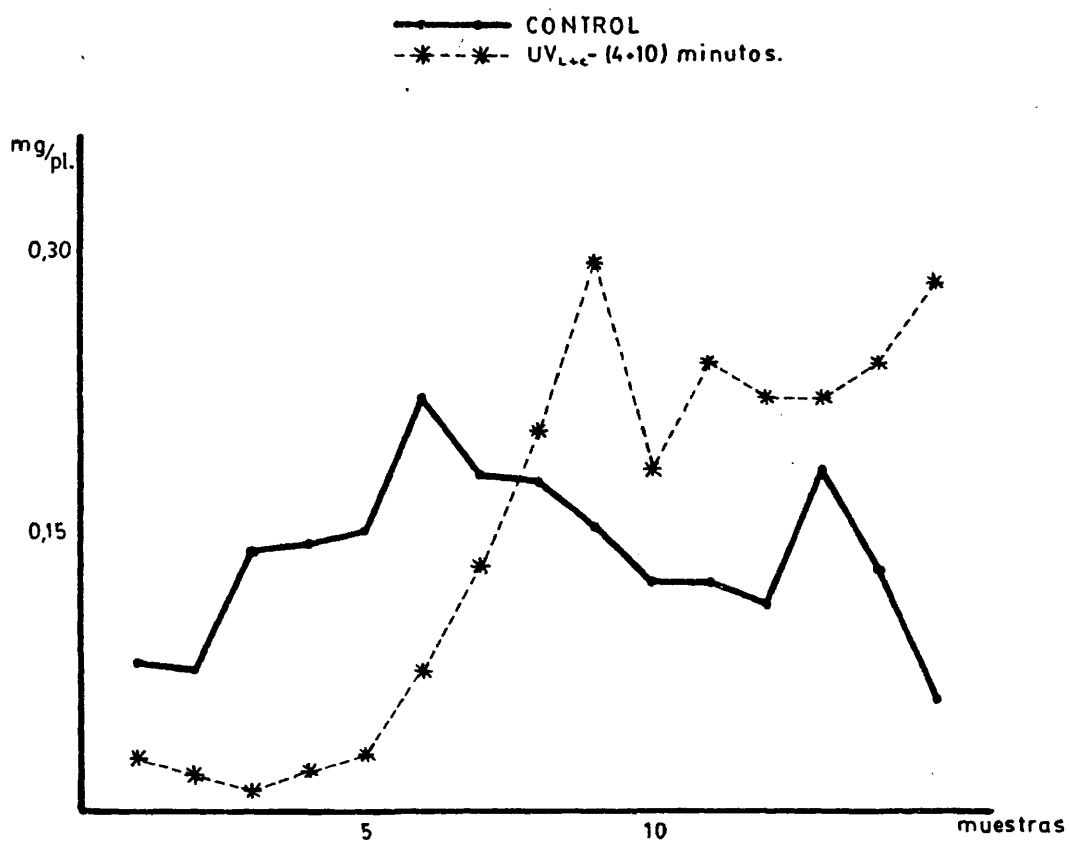


FIG.IV-75.-Contenido de Clorofila b en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c}.

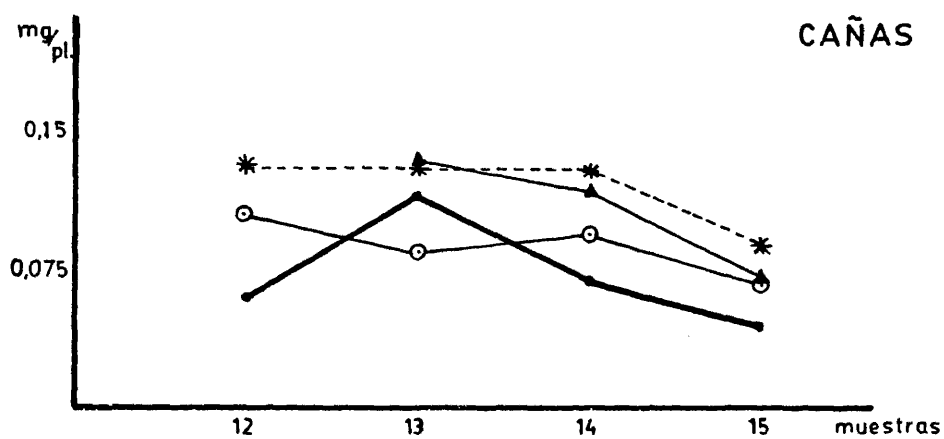
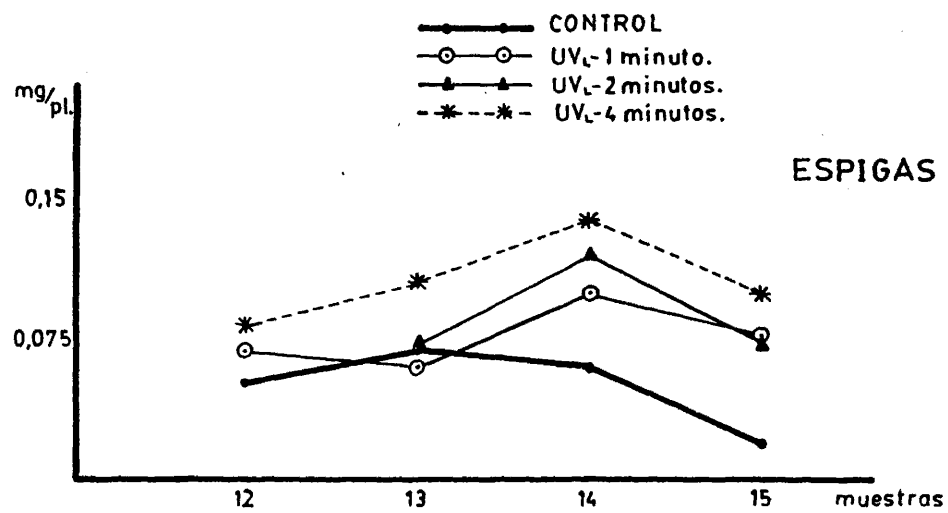
202

TABLA IV-27

Contenido de Clorofila b, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
<u>ESPIGAS</u>				
12 ^a	0,051	0,064	---	0,081
13 ^a	0,069	0,059	0,072	0,111
14 ^a	0,059	0,096	0,121	0,138
15 ^a	0,017	0,078	0,072	0,101
<u>CAÑAS</u>				
12 ^a	0,060	0,106	---	0,131
13 ^a	0,114	0,083	0,133	0,130
14 ^a	0,069	0,094	0,118	0,132
15 ^a	0,043	0,066	0,069	0,086

HORDEUM DISTICHON L.

FIG.IV-76.-Contenido de Clorofila b.

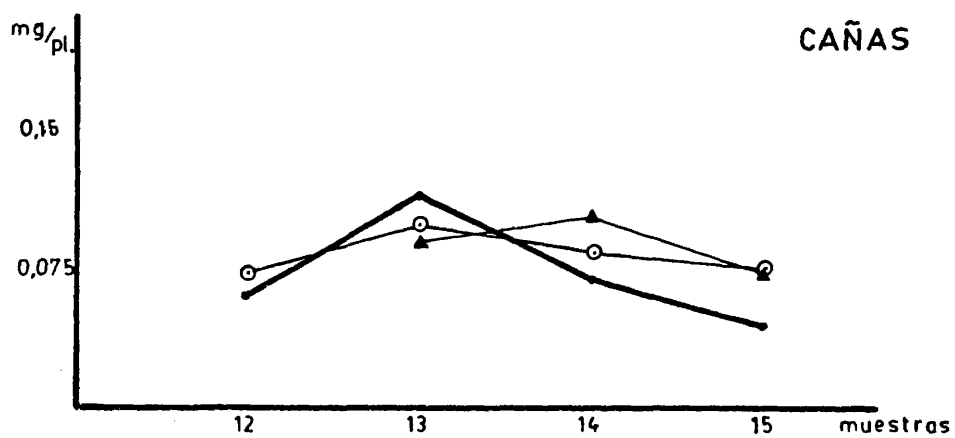
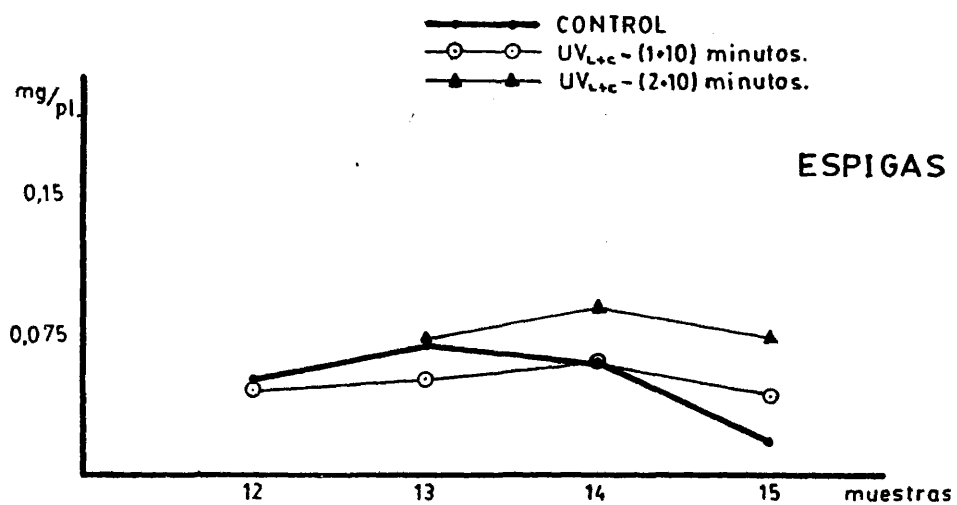
204

TABLA IV-28

Contenido de Glorofila b, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	$UV_{L+C}-(1+10)$	$UV_{L+C}-(2+10)$	$UV_{L+C}-(4+10)$
<u>ESPIGAS</u>				
12ª	0,051	0,046	---	---
13ª	0,069	0,051	0,066	---
14ª	0,059	0,060	0,092	---
15ª	0,017	0,043	0,023	---
<u>CAÑAS</u>				
12ª	0,060	0,071	---	---
13ª	0,114	0,106	0,089	---
14ª	0,069	0,084	0,105	---
15ª	0,043	0,075	0,074	---

HORDEUM DISTICHON L.

FIG.IV-77.-Contenido de Clorofila b.

HORDEUM DISTICHON L.

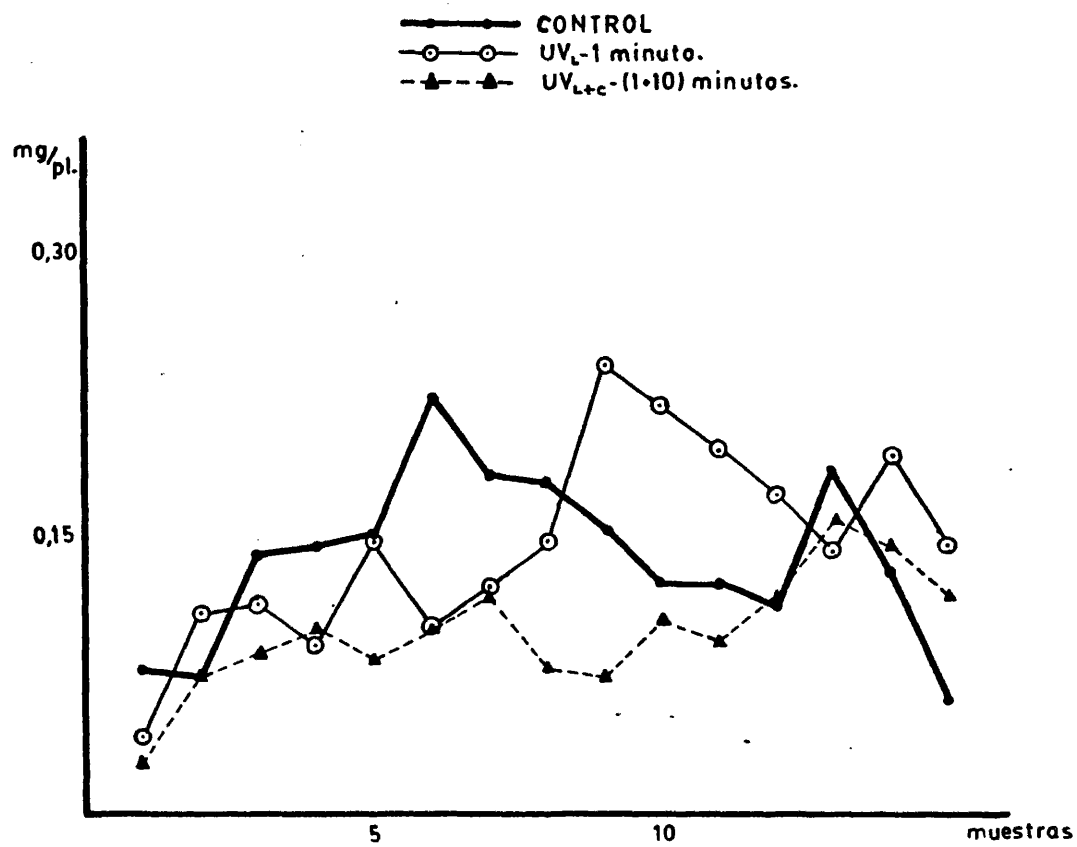


FIG.IV-78.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila b en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

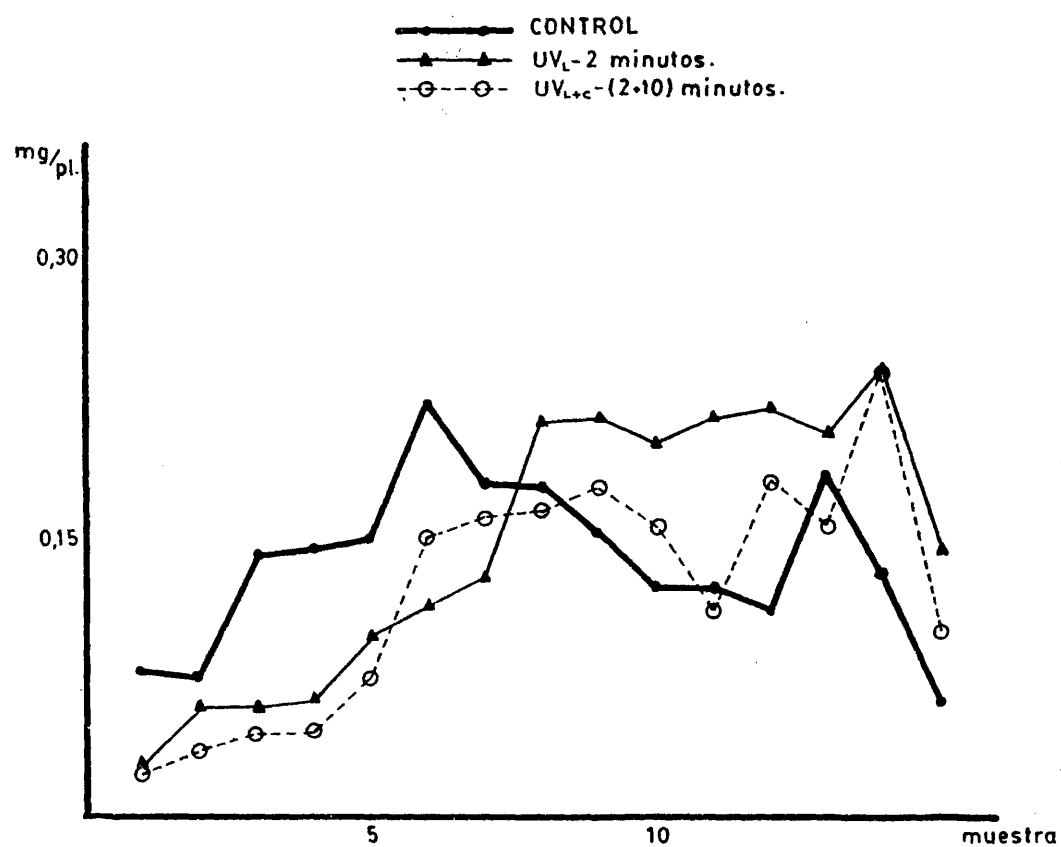


FIG.IV-79.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila b en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c} .

HORDEUM DISTICHON L.

—●— CONTROL
 -●- UV_L-4 minutos.
 —▲— UV_{L+c}-(4+10) minutos.

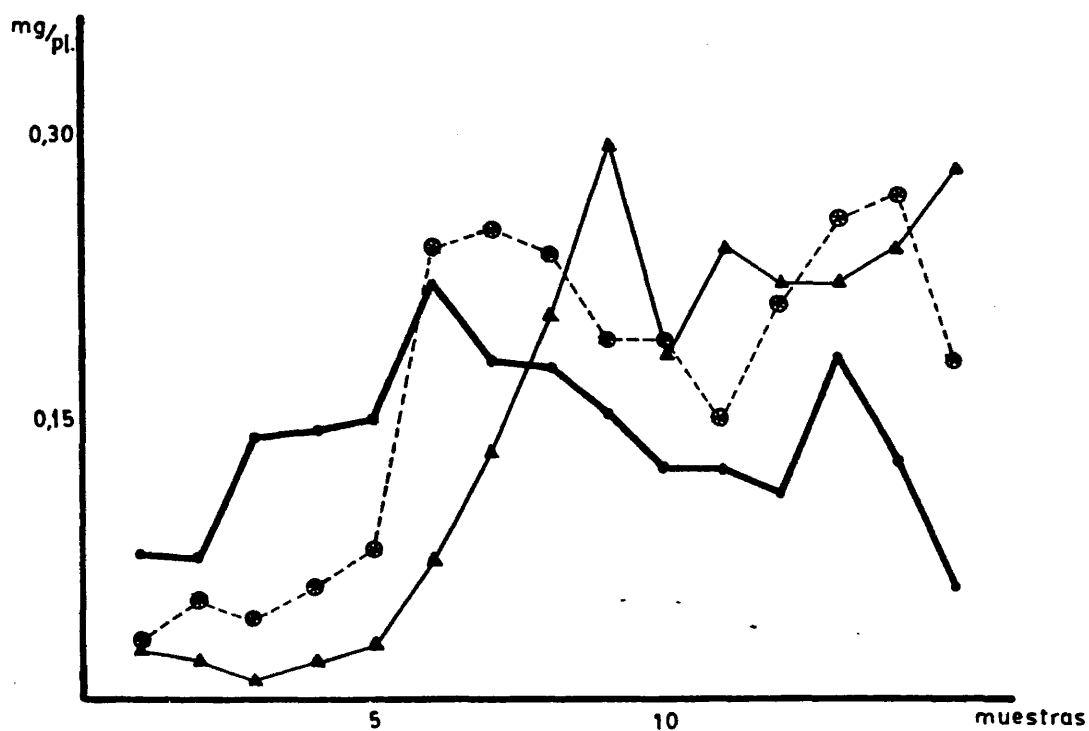


FIG.IV-80.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila *b* en plantas de *H.distichon* L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

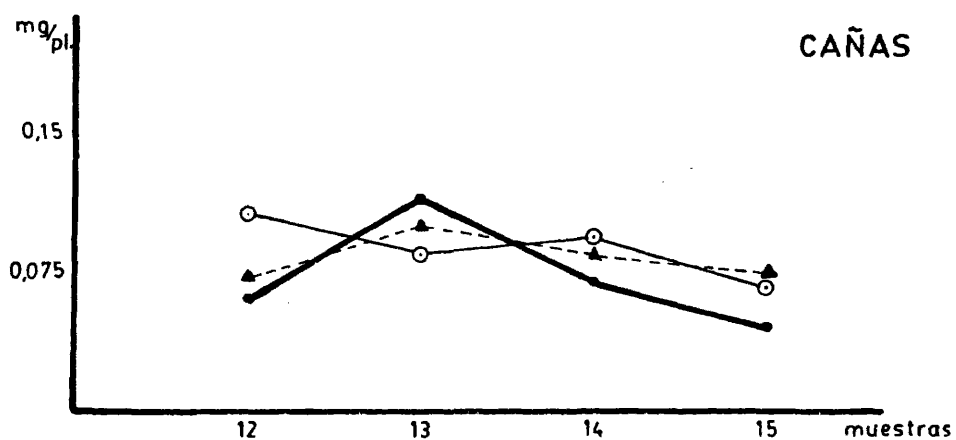
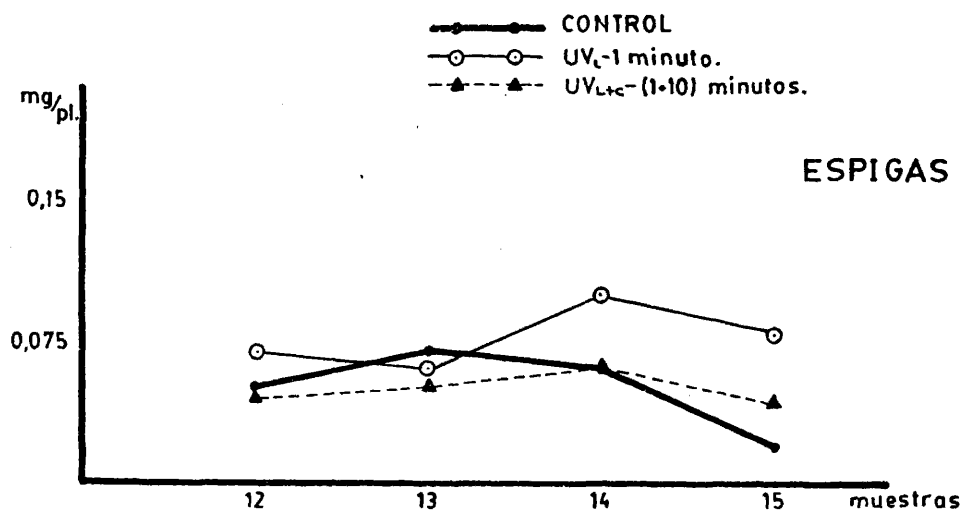


FIG.IV-81.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila b.

HORDEUM DISTICHON L.

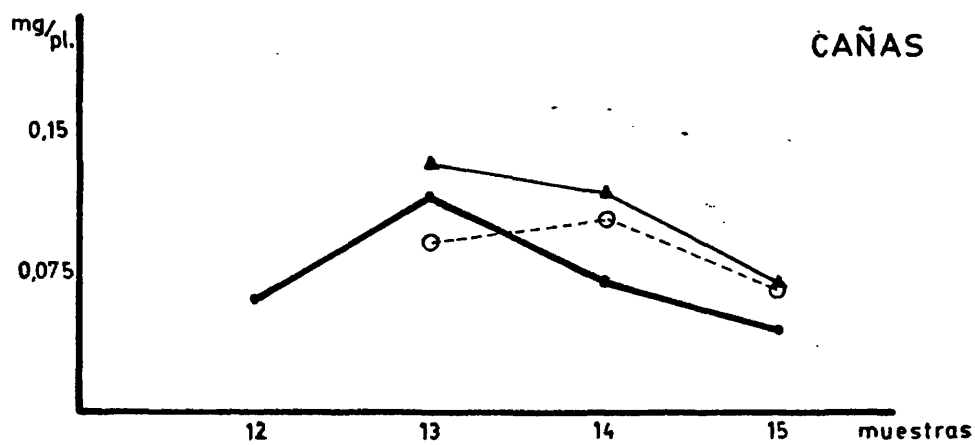
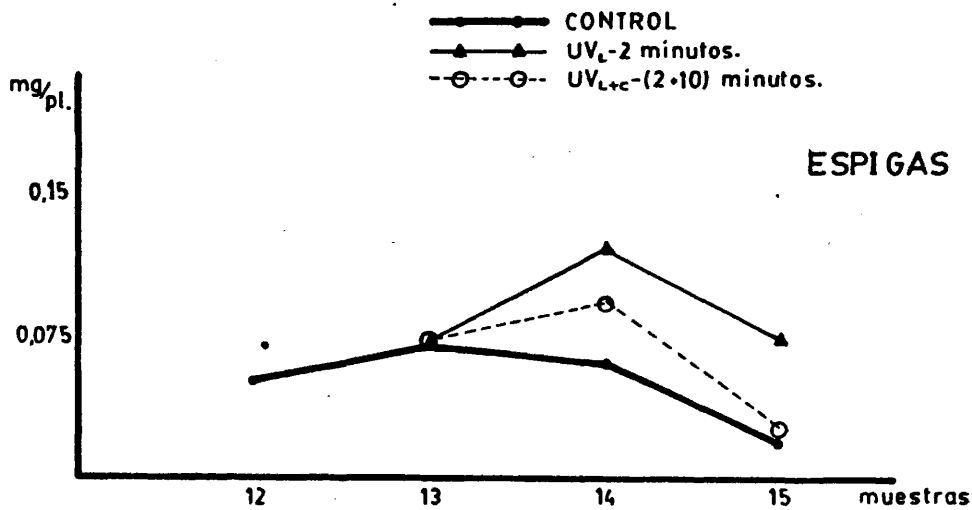


FIG.IV-82.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila b.

HORDEUM DISTICHON L.

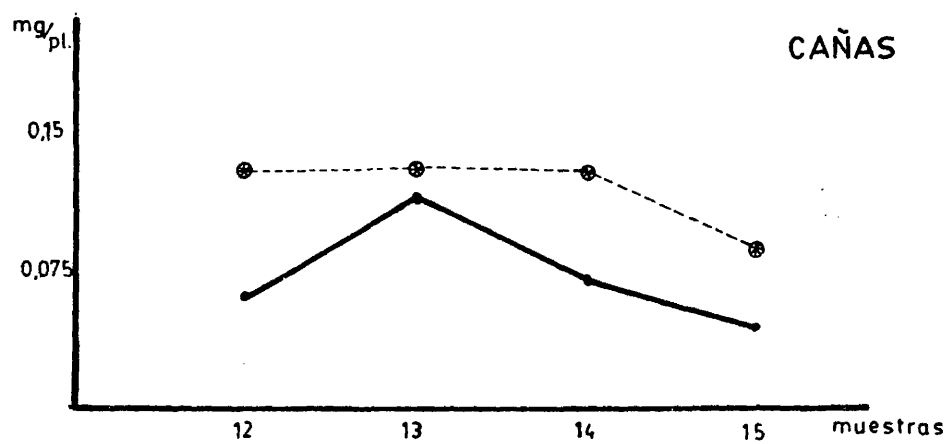
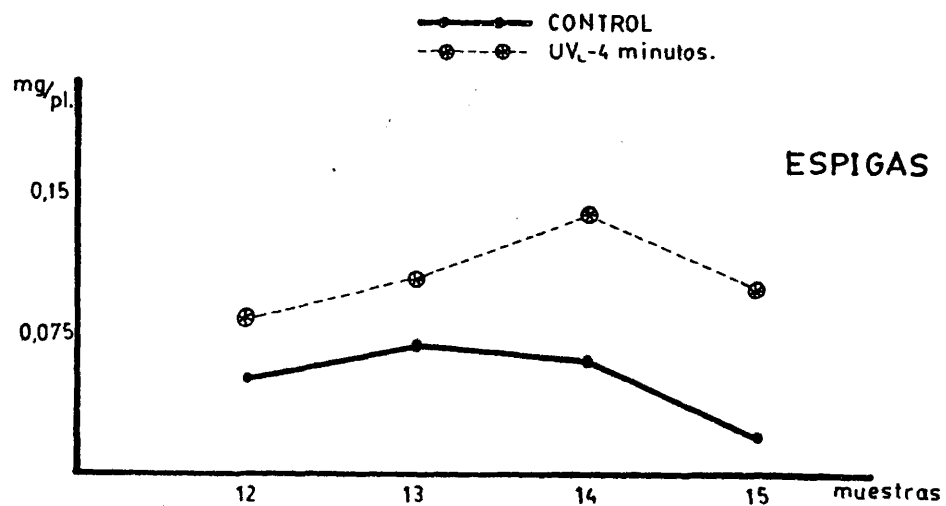


FIG.IV-83.-Estudio comparativo del contenido de Clorofila b.

IV.2.4.- Contenido de Carotenoides Totales.

El contenido de carotenoides en las plantas de H.distichon L. perteneciente al lote Control, fue ascendiendo de forma paulatina en las primeras semanas de la experiencia. A partir de la muestra 9ª se produjo un leve descenso en el contenido de carotenoides totales, coincidiendo con los comienzos de formación de la caña para posteriormente, aumentar cuando aparecen las espigas con sus granos en avanzado estado de maduración. Al finalizar el ciclo se produce un descenso coincidente con la senescencia propiamente de los cereales (final del ciclo evolutivo).

El lote UV_L-4 minutos presentó niveles de carotenoides totales inferiores a las plantas Control en las primeras etapas de crecimiento. A partir de la 3ª muestra, después de suprimir la irradiación con UV-lejano, se produjo un ascenso en el contenido de carotenoides totales, llegando a alcanzar valores superiores a las plantas Control de H.distichon L. El curso seguido por el lote UV_L-4 minutos, dejado de irradiar con UV-lejano, se produjo con cierto retraso respecto de las plantas Control, (FIGURA - IV-86).

El lote UV_L-2 minutos al comienzo de la experiencia también presentó niveles de carotenoides totales inferiores a las plantas Control. Al suprimir el tratamiento con UV-lejano, en las plantas de H.distichon L. comenzó a aumentar el contenido de carotenoides totales, alcanzando

213

niveles superiores al Control, para descender posteriormente como ocurrió en dicho lote. Coincidiendo con la formación de espigas, se produjo un notable aumento de carotenoides totales en el lote UV_L-2 minutos no irradiado con UV-lejano, aunque el valor alcanzado fue inferior al contenido de carotenoides en las plantas Control en condiciones similares, (FIGURA IV-85).

El lote UV_L-1 minuto al comienzo de la experiencia presentó niveles de carotenoides totales similares a las plantas de H.distichon L. del lote Control. A medida que continuó la exposición al UV-lejano estos valores fueron descendiendo. A partir de la 6ª muestra se suprimió la irradiación con UV-lejano, produciéndose un paulatino ascenso en el contenido de carotenoides para este lote de plantas alcanzándose valores algo superiores respecto del lote Control, pero nunca tan elevados como en los lotes UV_L-2 minutos y UV_L-4 minutos, no irradiados con UV-lejano. Posteriormente este lote siguió un curso paralelo al Control, aunque presentó niveles bastante inferiores y un retraso considerable, respecto de las plantas Control. La FIGURA IV-84 representa los valores de Carotenoides Totales, para el lote UV_L-1 minuto. La TABLA IV-29 indica los valores de Carotenoides Totales, expresados en mg, para cada uno de los lotes de plantas de H.distichon L. tratados con UV-lejano.

Al determinar de forma separada el contenido de carotenoides totales en espigas y cañas, pudo observarse como las plantas Control presentaron valores inferiores, en ambos casos, que los lotes sometidos en un principio a la acción del UV-lejano. Estos valores se indican en la TABLA IV-31 y la representación gráfica de los mismos corresponde a la FIGURA IV-90. En estos lotes irradiados el orden respecto al contenido en carotenoides es:

$$UV_L-1 \text{ minuto} < UV_L-2 \text{ minutos} < UV_L-4 \text{ minutos}$$

Los niveles de carotenoides totales en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano fueron en general, inferiores al lote Control. El lote $UV_{L+C}-(4+10)$ minutos, al interrumpir el tratamiento con UV-lejano pero continuando con UV-cercano, aumentó su contenido de carotenoides, pero sin seguir un paralelismo con las plantas Control, ya que no presentaron espigas como en estas últimas. (FIGURA IV-89).

Los lotes $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos y $UV_{L+C}-(1+10)$ minutos, presentaron valores bastante similares a los del lote Control al comienzo de la experiencia. Después de su primir la irradiación con UV-lejano y continuando el tratamiento con UV-cercano, se produjo un ascenso en el contenido de carotenoides totales de las plantas pertenecientes a estos lotes; valores que fueron inferiores a los presentados por las plantas Control. Los niveles de carotenoides totales para los lotes $UV_{L+C}-(2+10)$ minutos y -

UV_{L+C}-(1±10) minutos, cuando éstos presentaron espigas, fueron inferiores al contenido determinado en el lote Control en un estado similar. Las FIGURAS IV-88 y IV-87 representan los niveles de Carotenoides Totales en plantas de H.distichon L., irradiadas con UV-lejano durante los tiempos establecidos en la experiencia y la TABLA IV-30, los valores de Carotenoides Totales, expresados en mg, en plantas H.distichon L. irradiadas con UV-lejano ± UV-cercano.

El contenido de carotenoides totales correspondientes a las espigas de los lotes UV_{L+C}-(1±10) minutos y -- UV_{L+C}-(2±10) minutos, fue bastante parecido al lote Control. En el caso de las cañas, las plantas Control presentaron niveles algo inferiores a aquéllas que recibían tratamiento continuado con UV-cercano, como se indica en la TABLA IV-32 y FIGURA IV-91.

Al estudiar comparativamente los valores de carotenoides totales obtenidos con plantas tratadas con UV-lejano y con UV-lejano ± UV-cercano, pudo observarse como las plantas que recibían ininterrumpidamente dosis de UV-cercano, presentaron niveles de carotenoides totales inferiores a aquéllas que ya no recibían ningún tipo de irradiación con UV. (FIGURAS IV-92, IV-93 y IV-94).

Los valores de carotenoides totales para espigas y cañas en las plantas de H.distichon L., en un estudio comparativo de los efectos del UV-lejano y UV-lejano ± UV-cercano, se representan en las FIGURAS IV-95, IV-96 y IV-97

216

Puede observarse como la diferencia es, en general, mayor entre el lote Control y el lote que ya no recibe - - irradiación con UV-lejano, que entre dichas plantas Control y las que aún recibían dosis de UV-cercano.

TABLA IV-29

Contenido de Carotenoides Totales, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hördeum distichon L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
1ª	0,026	0,024	0,022	0,020
2ª	0,033	0,044	0,028	0,029
3ª	0,048	0,052	0,017	0,018
4ª	0,100	0,075	0,057	0,047
5ª	0,122	0,092	0,079	0,053
6ª	0,140	0,069	0,086	0,130
7ª	0,136	0,087	0,108	0,163
8ª	0,150	0,110	0,109	0,143
9ª	0,137	0,159	0,161	0,181
10ª	0,116	0,159	0,196	0,161
11ª	0,116	0,158	0,223	0,157
12ª	0,228	0,135	0,160	0,160
13ª	0,146	0,120	0,209	0,178
14ª	0,114	0,156	0,177	0,190
15ª	0,047	0,125	0,131	0,155

HORDEUM DISTICHON L.

—●— CONTROL
—○— UV_L-1 minuto.

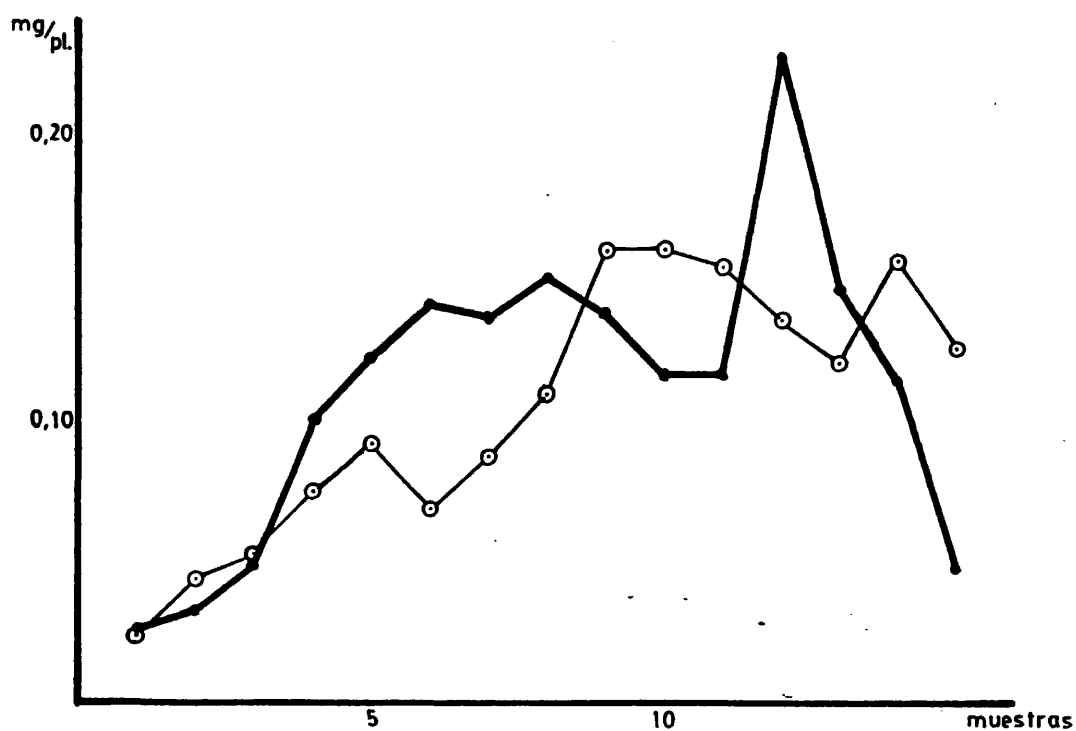


FIG.IV-84.-Contenido de Carotenoides Totales en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

HORDEUM DISTICHON L.

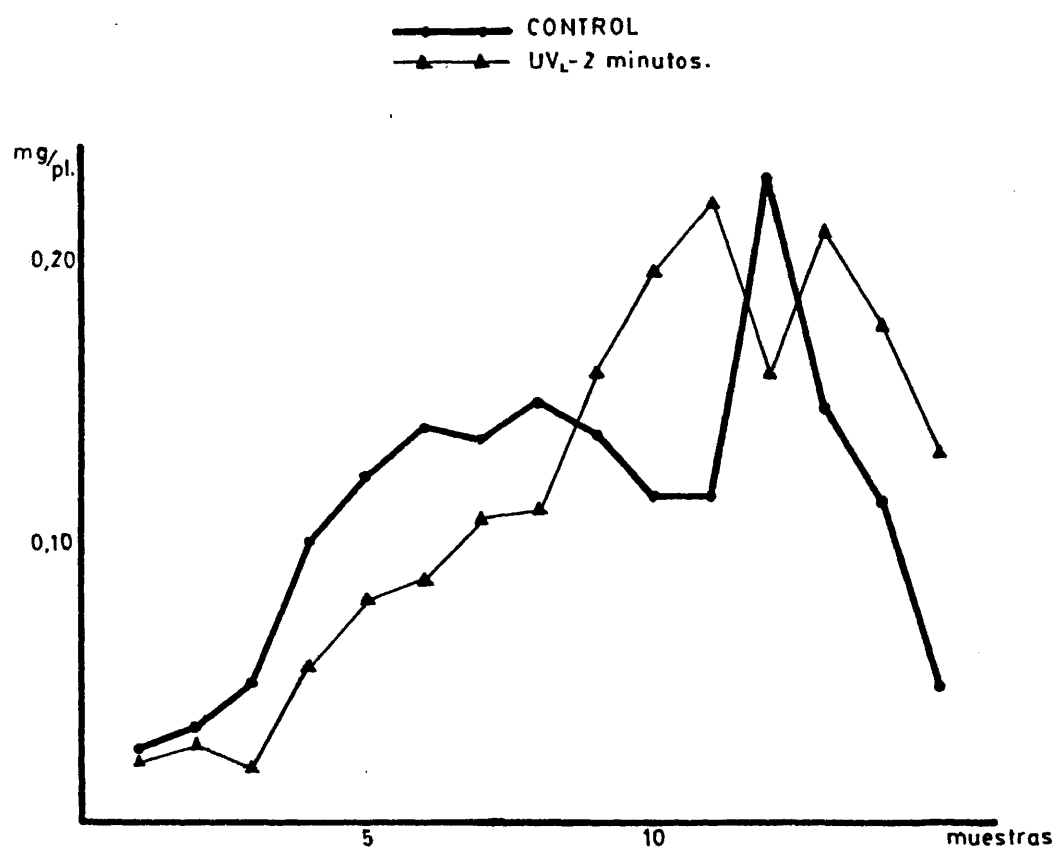


FIG.IV-85.-Contenido de Carotenoides Totales en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

HORDEUM DISTICHON L.

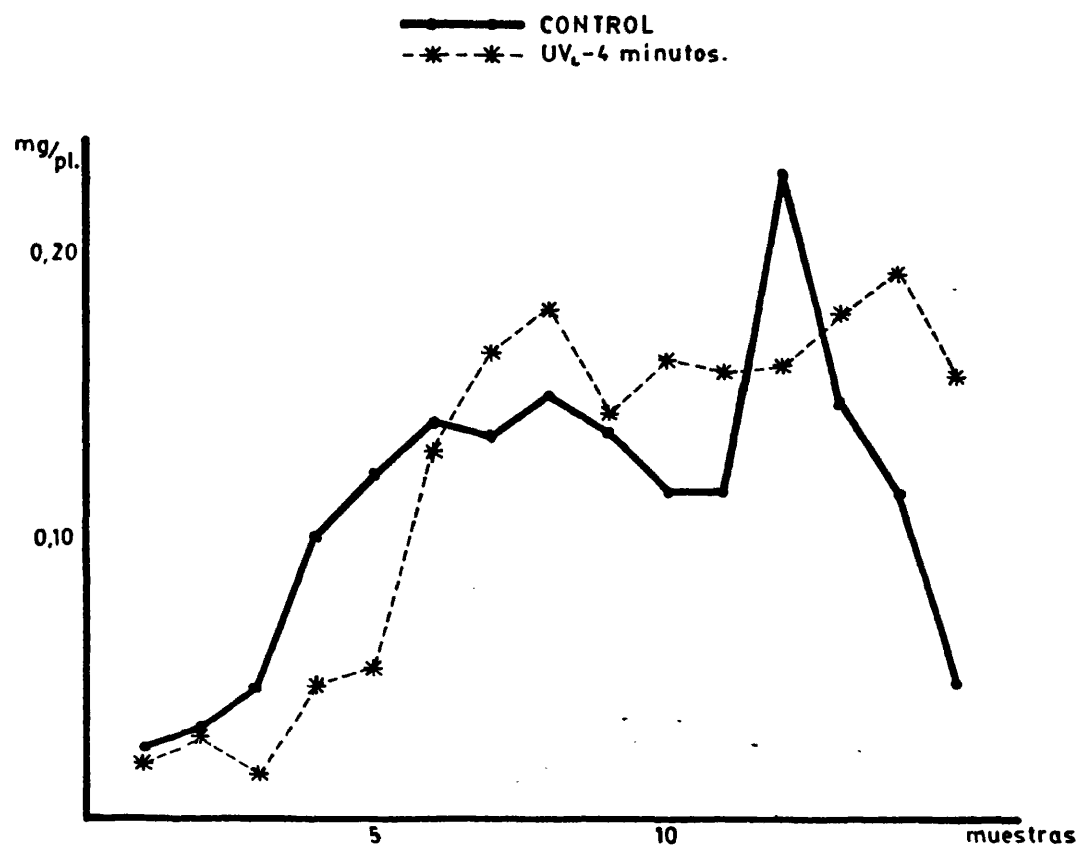


FIG.IV-86.-Contenido de Carotenoides Totales en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L.

TABLA IV-30.

Contenido de Carotenoides Totales, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano - (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	UV _{L+C} -(1+10)	UV _{L+C} -(2+10)	UV _{L+C} -(4+10)
1ª	0,026	0,023	0,024	0,017
2ª	0,033	0,042	0,032	0,014
3ª	0,048	0,044	0,022	0,005
4ª	0,100	0,073	0,038	0,021
5ª	0,122	0,051	0,062	0,027
6ª	0,140	0,072	0,090	0,052
7ª	0,136	0,066	0,103	0,092
8ª	0,150	0,087	0,116	0,093
9ª	0,137	0,075	0,138	0,117
10ª	0,116	0,080	0,150	0,154
11ª	0,116	0,082	0,141	0,152
12ª	0,228	0,100	0,149	0,190
13ª	0,146	0,139	0,130	0,223
14ª	0,114	0,132	0,127	0,202
15ª	0,047	0,104	0,066	0,169

HORDEUM DISTICHON L.

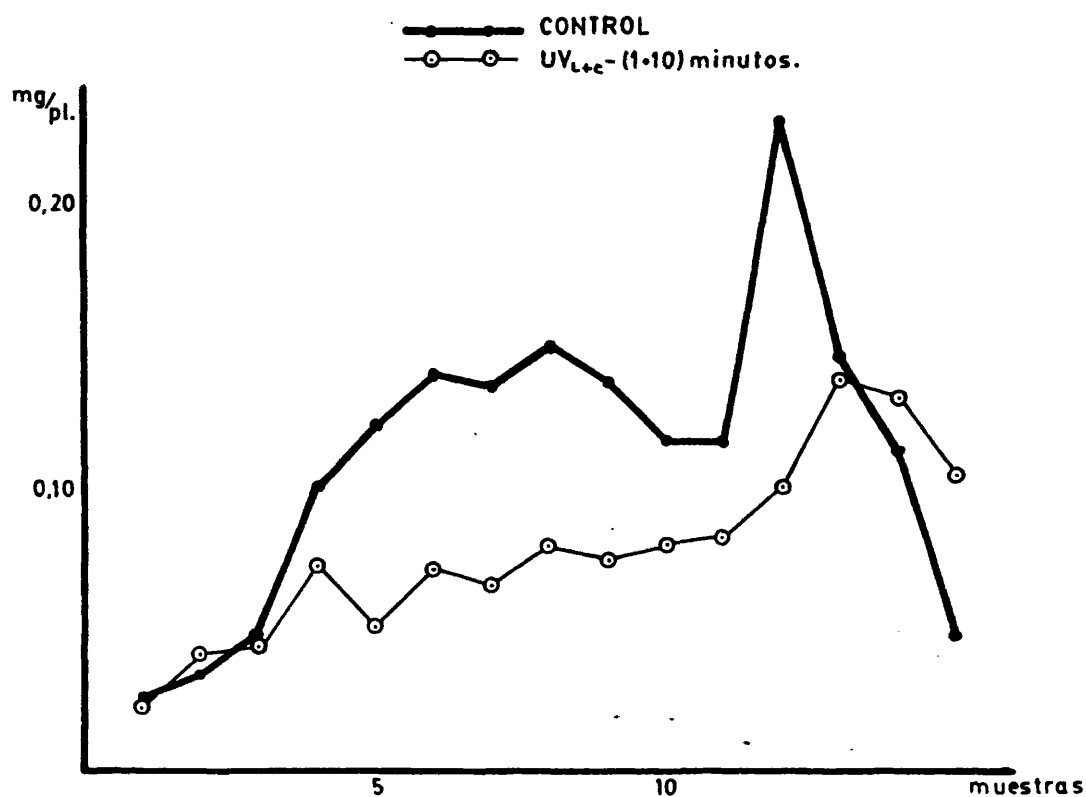


FIG.IV-87.-Contenido de Carotenoides Totales en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+ε}.

HORDEUM DISTICHON L.

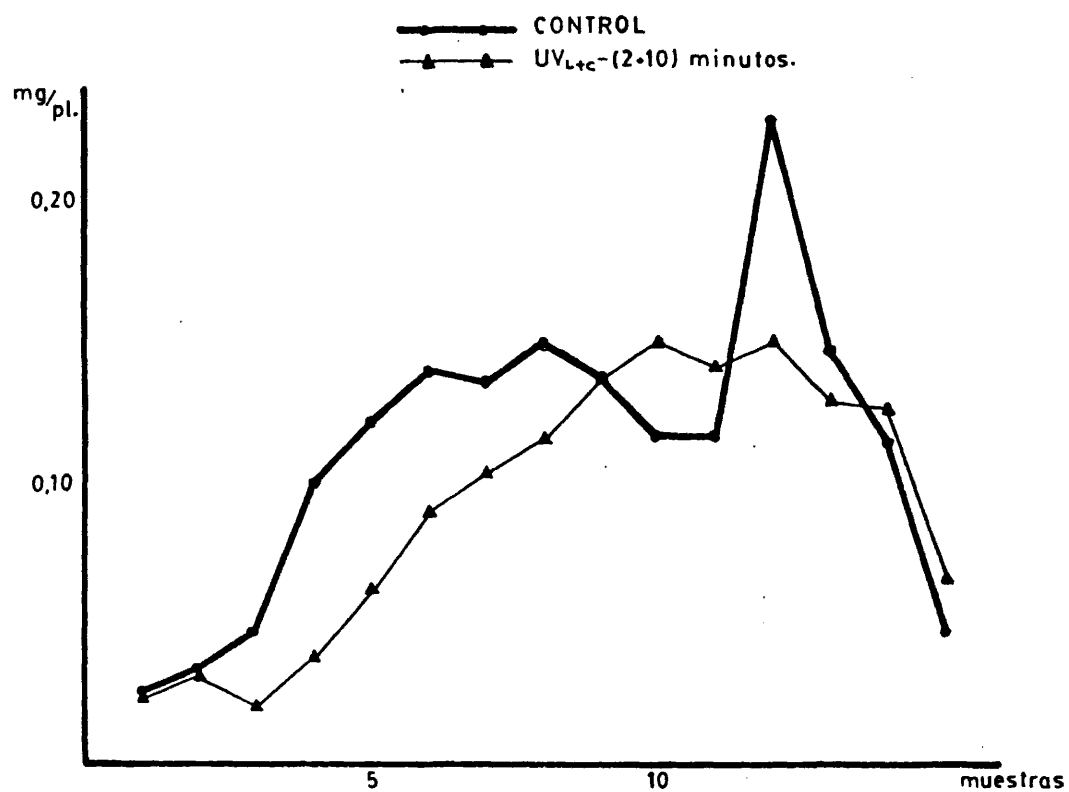


FIG.IV-88.-Contenido de Carotenoides Totales en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+C}.

HORDEUM DISTICHON L.

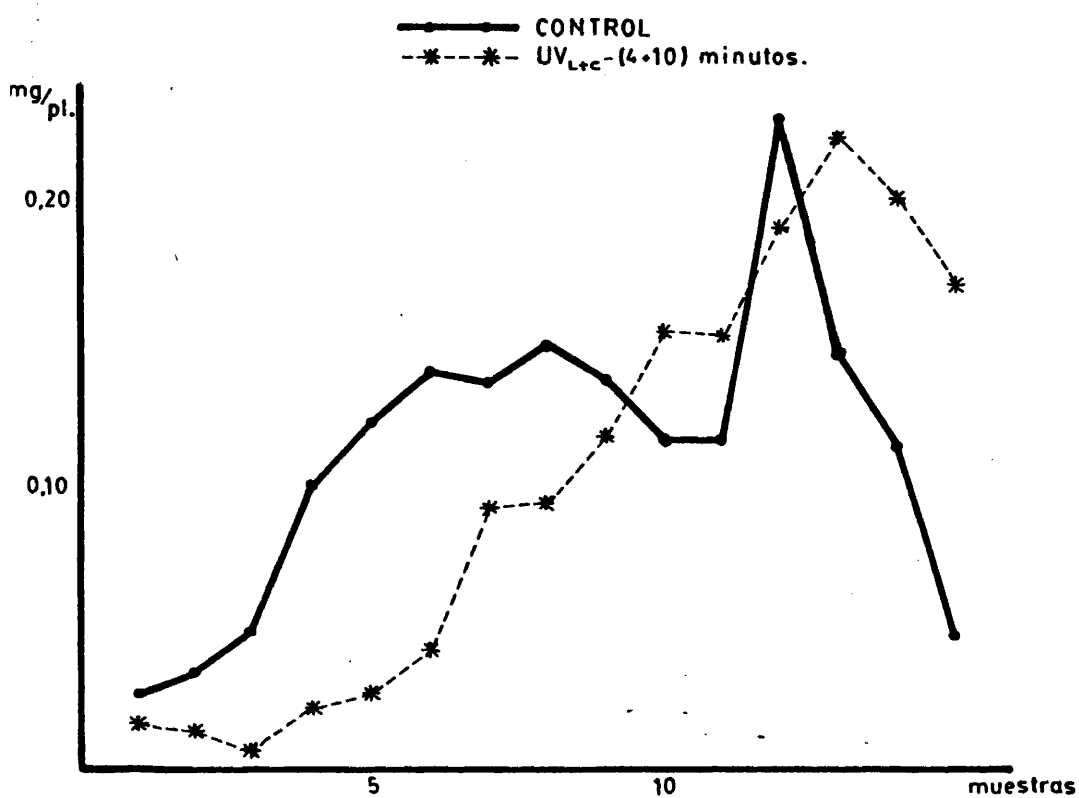


FIG.IV-89.-Contenido de Carotenoides Totales en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_{L+c}.

225

TARLA IV-31

Contenido de Carotenoides Totales, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
<u>ESPIGAS</u>				
12 ^a	0,044	0,052	---	0,062
13 ^a	0,051	0,048	0,060	0,064
14 ^a	0,056	0,071	0,079	0,086
15 ^a	0,024	0,066	0,063	0,079
<u>CAÑAS</u>				
12 ^a	0,183	0,082	---	0,098
13 ^a	0,095	0,072	0,149	0,118
14 ^a	0,058	0,084	0,098	0,105
15 ^a	0,023	0,058	0,068	0,078

HORDEUM DISTICHON L.

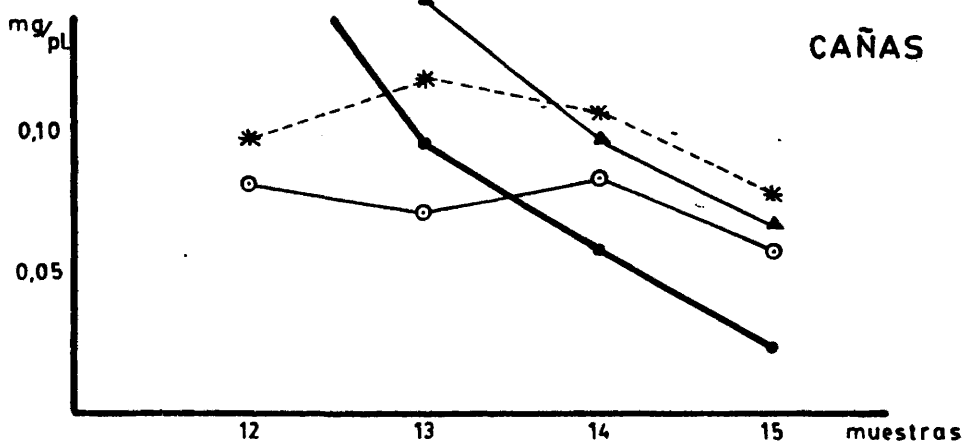
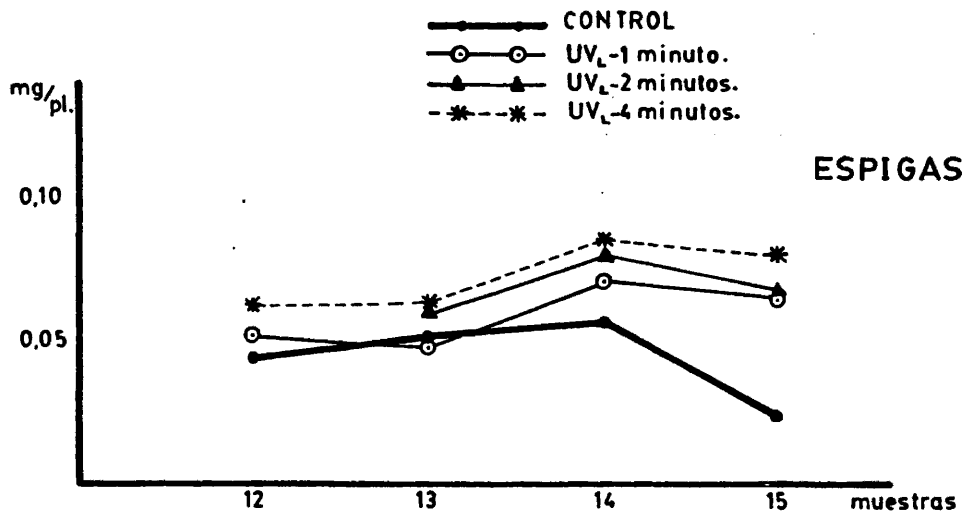


FIG.IV-90-Contenido de Carotenoides Totales.

TABLA IV-32

Contenido de Carotenoides Totales, expresado en mg, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C})

MUESTRA	CONTROL	UV _{L+C} -(1+10)	UV _{L+C} -(2+10)	UV _{L+C} -(4+10)
<u>ESPIGAS</u>				
12 ^a	0,044	0,041	---	---
13 ^a	0,051	0,044	0,062	---
14 ^a	0,056	0,049	0,079	---
15 ^a	0,024	0,034	0,020	---
<u>CAÑAS</u>				
12 ^a	0,183	0,059	---	---
13 ^a	0,095	0,094	0,078	---
14 ^a	0,058	0,083	0,047	---
15 ^a	0,023	0,067	0,045	---

HORDEUM DISTICHON L.

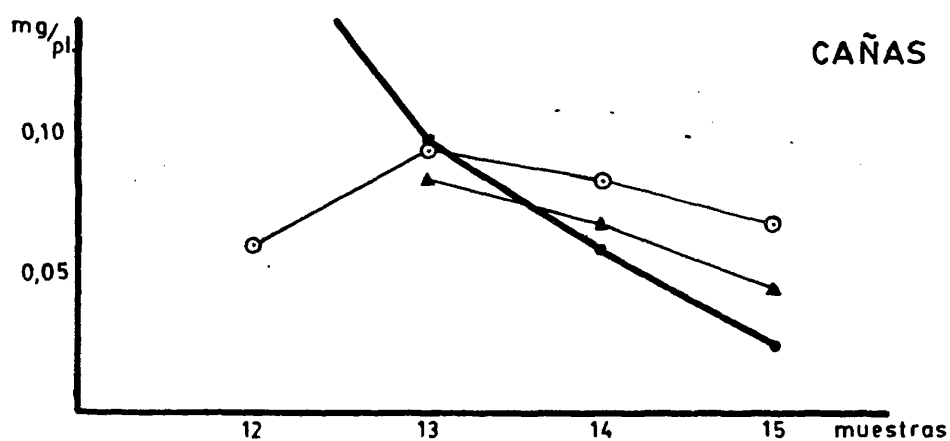
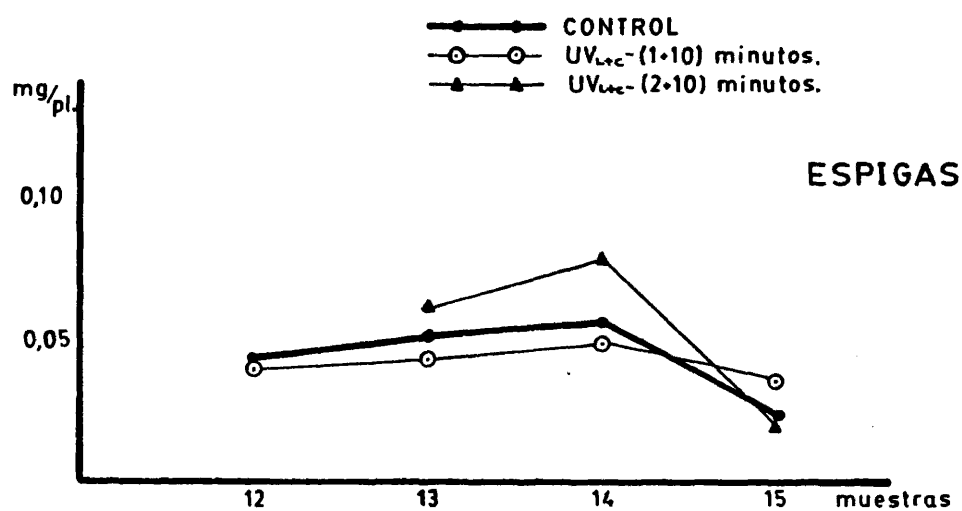


FIG.IV-91.-Contenido de Carotenoides Totales.

HORDEUM DISTICHON L.

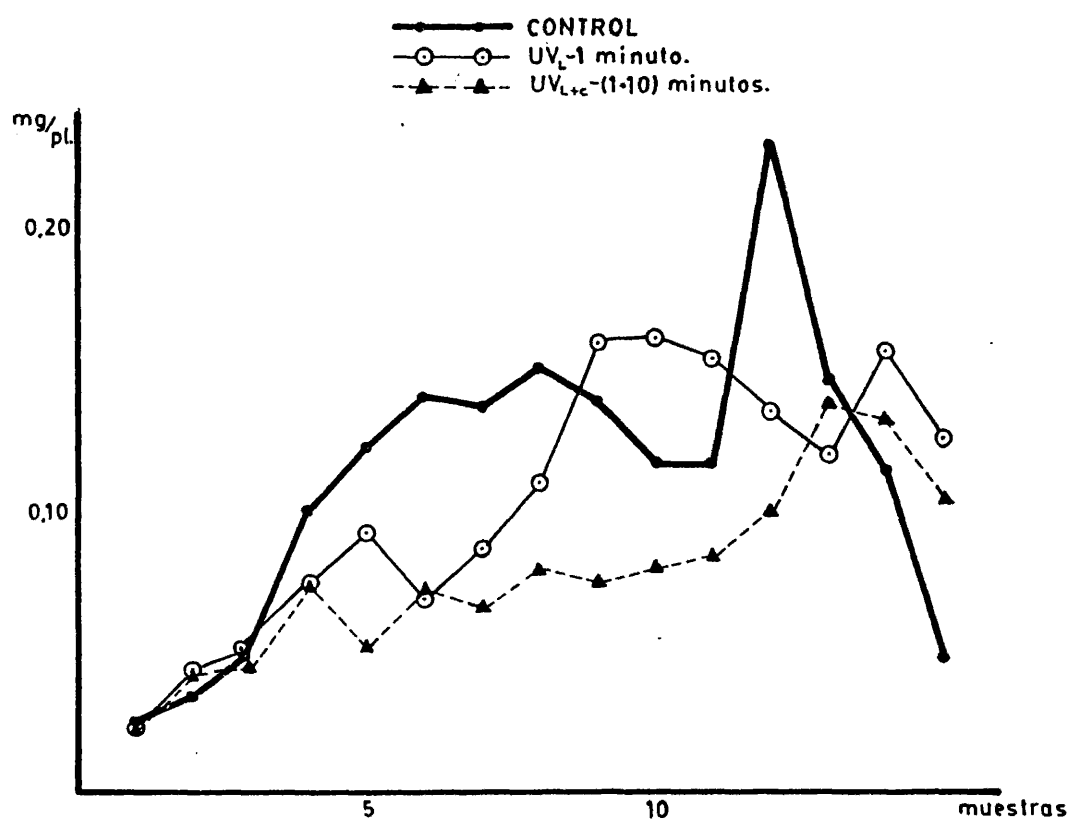


FIG.IV-92.-Estudio comparativo del contenido de Carotenoides Totales en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

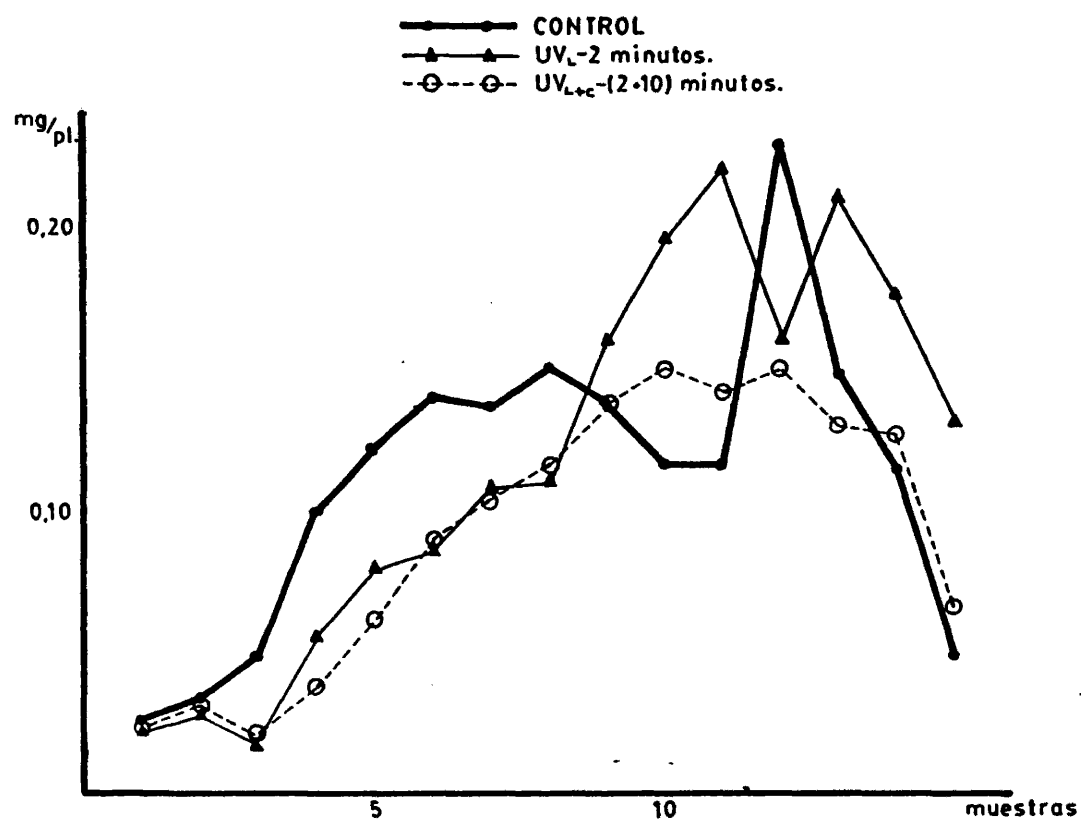


FIG.IV-93.-Estudio comparativo del contenido de Carotenoides Totales en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

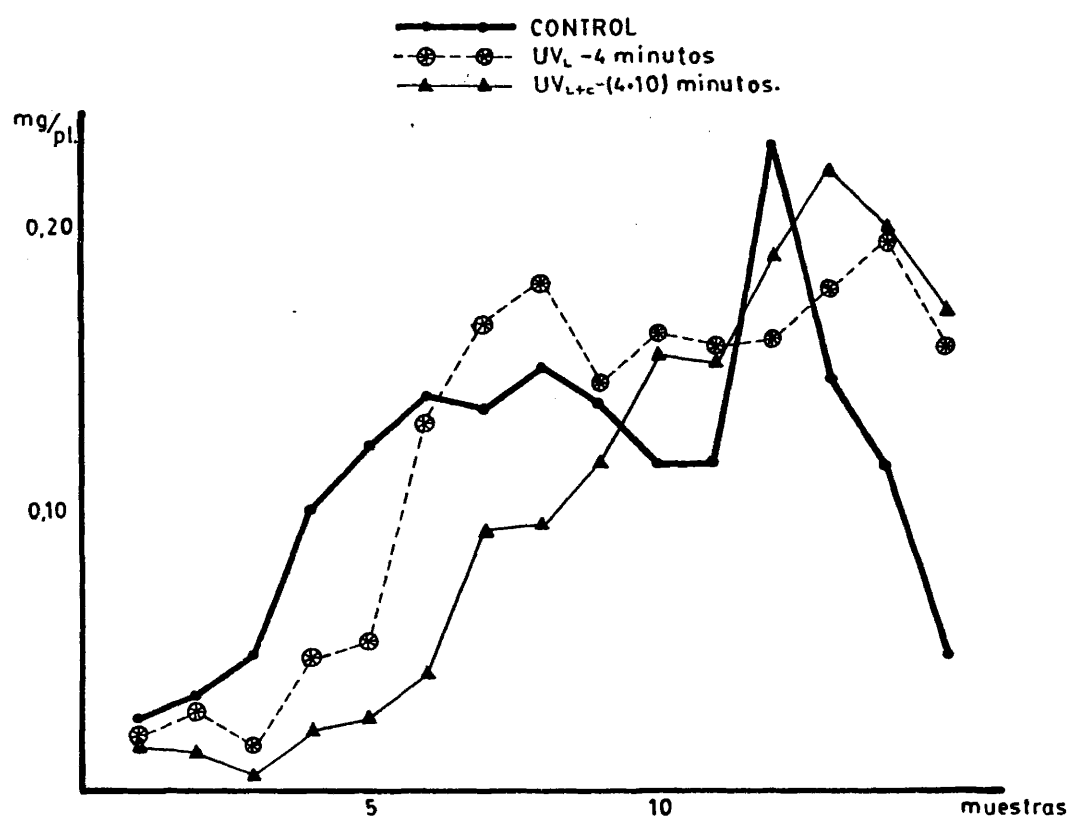


FIG.IV-94.-Estudio comparativo del contenido de Carotenoides Totales en plantas de H.distichon L. irradiadas con UV_L y UV_{L+c}.

HORDEUM DISTICHON L.

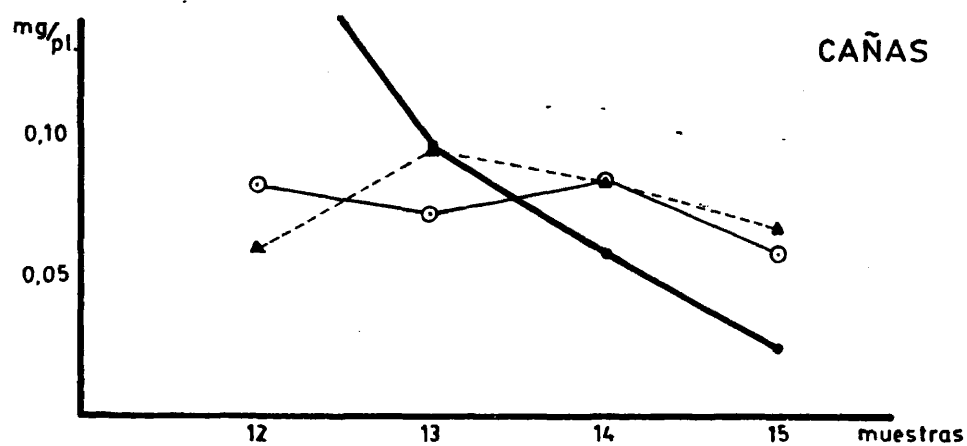
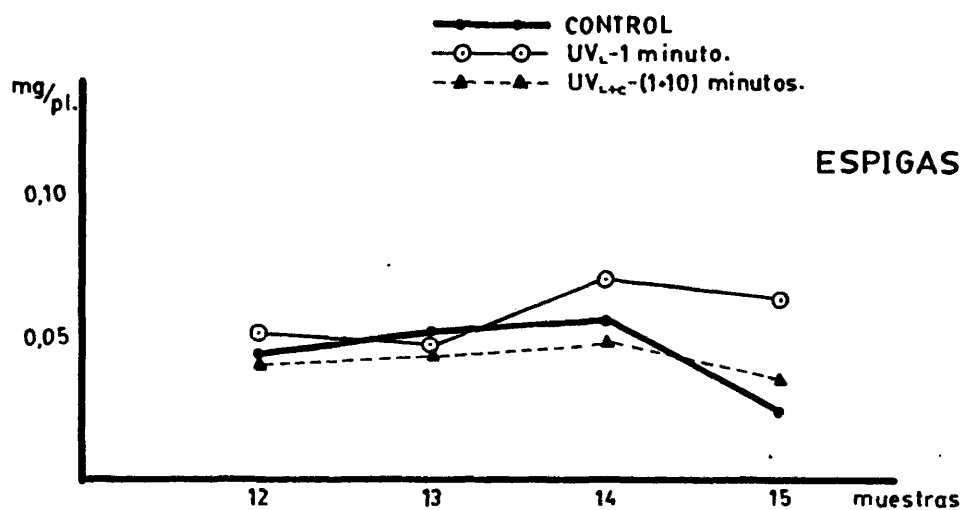


FIG.IV-95.-Estudio comparativo del contenido de Carotenoides Totales.

HORDEUM DISTICHON L.

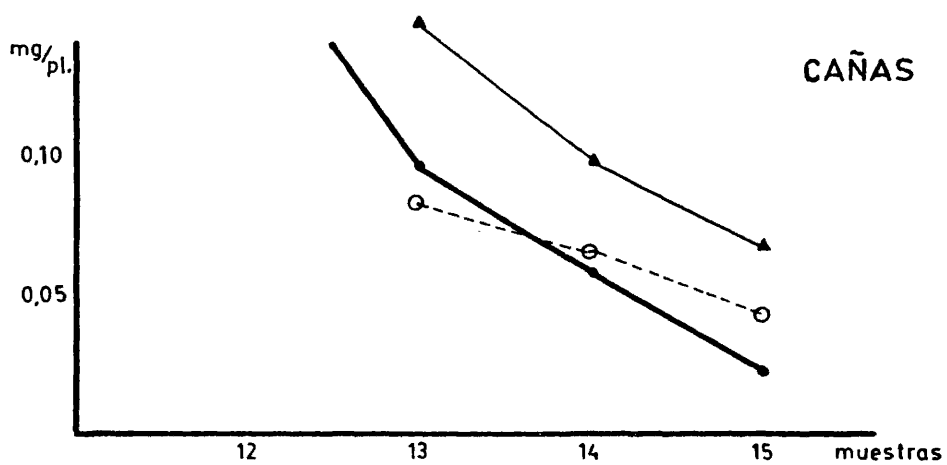
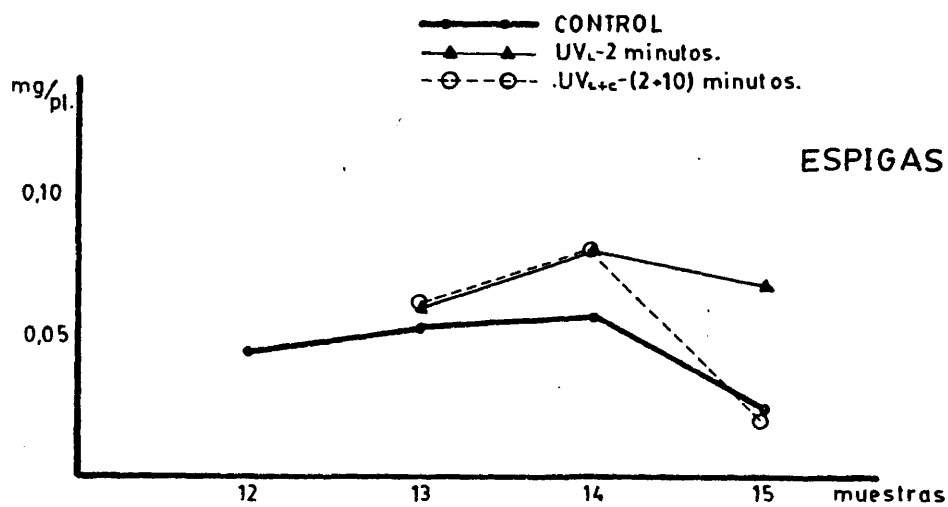


FIG.IV-96.-Estudio comparativo del contenido de Carotenoides Totales.

HORDEUM DISTICHON L.

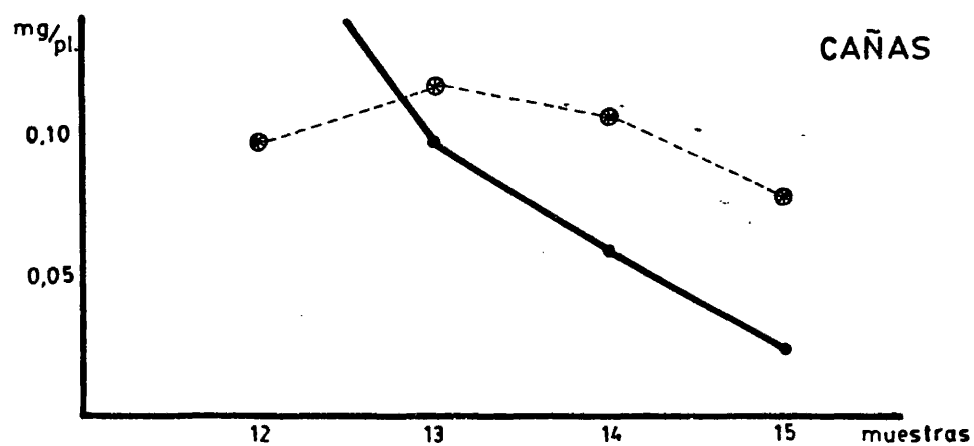
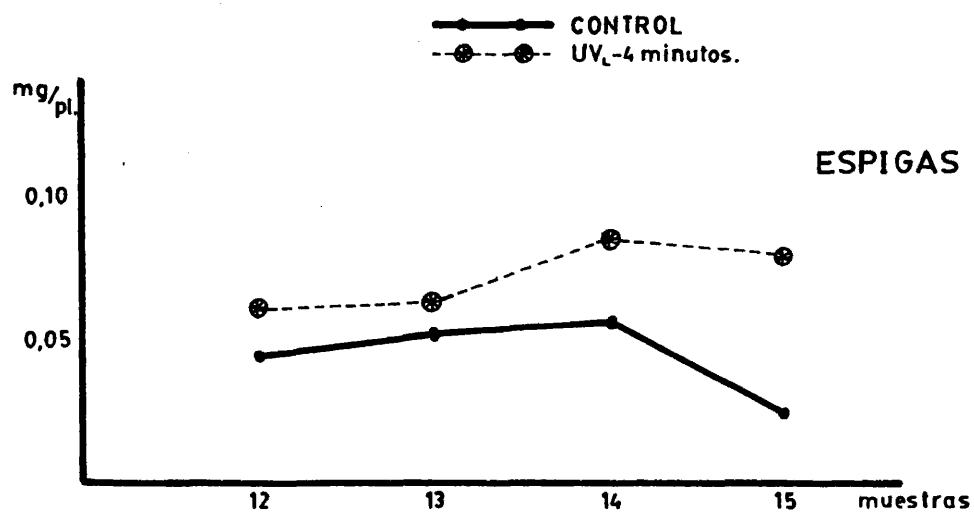


FIG.IV-97.-Estudio comparativo del contenido de Carotenoides Totales.

v) DISCUSSION GENERAL

V) DISCUSION GENERAL

El UV-lejano produjo una disminución del contenido de Clorofila Total en las plantas de Nicotiana rustica L. y Hordeum distichon L. tratadas inicialmente con dicha radiación. La interrupción del tratamiento permitió una recuperación de las plantas irradiadas, produciéndose un aumento en el porcentaje de clorofila, que fue de forma ascendente en el caso de N.rustica L. y ascendente en un principio, para luego descender en H.distichon L. como corresponde a los cereales. Las TABLAS V-1 y V-3 indican el porcentaje de Clorofila Total, expresado en mg, en plantas de N.rustica L. y H. distichon L., respectivamente, - irradiadas en un principio con UV-lejano.

El UV-lejano + UV-cercano, produjo en las plantas de Nicotiana rustica L. y Hordeum distichon L. tratadas, - un menor contenido de Clorofila Total. Al interrumpir la irradiación con UV-lejano, continuando el suministro con UV-cercano, no se produjo el efecto recuperador propio de esta última radiación. Al contrario de lo que se suponía, la radiación ininterrumpida con UV-cercano, produjo un mayor porcentaje de Clorofila Total, pero inferior a aquellas plantas que no recibían ningún tipo de irradiación, al haber suprimido el tratamiento con UV-lejano. Estos resultados parecen indicar la no participación del UV-cerca

no en el proceso de fotorrecuperación de las plantas dañadas por el UV-lejano, al menos en las especies y condiciones de experimentación por nosotros estudiadas. De otra parte se comprueba comparativamente, las fuertes diferencias en los efectos biológicos de ambas radiaciones.

El menor contenido de Clorofila Total fue presentado por las plantas de N.rustica L. y H.distichon L. que recibieron dosis menores de UV-lejano, al ser mayor el período de tratamiento. Esto ocurrió también con aquellas plantas que sólo recibían irradiación con UV-lejano y que posteriormente se suprimió este tratamiento. Las TABLAS V-2 y V-4 indican los porcentajes de Clorofila Total, expresado en mg, para plantas de N.rustica L. y H.distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano. El análisis de estos resultados muestran un efecto acumulativo en los daños producidos por la irradiación, aunque a igualdad de dosis resultan más dañinas las irradiaciones masivas que las fraccionadas. Por otra parte, la especie H.distichon L. se ha mostrado más sensible a los daños ocasionados por el UV-lejano que N.rustica L. Estos efectos podrían deberse a la acción localizada de la radiación UV y a la distinta disposición foliar de ambas especies, de forma que en N.rustica L. esta disposición favorece la acción de pantalla.

El contenido de Carotenoides Totales en plantas - de Nicotiana rustica L. y Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano, se vió afectado de forma directa por la dosis de radiación y el tiempo de duración del tratamiento. En N.rustica L. el contenido de carotenoides se manifestó de forma ascendente. Sin embargo, en H.distichon L. se produjo un gran incremento que coincidió con la formación de las espigas en dichas plantas, para posteriormente, - descender de forma tan rápida como habían aumentado. El - porcentaje de carotenoides en plantas irradiadas inicialmente con UV-lejano, fue menor en aquéllas que recibieron dosis menores de dicha radiación, al ser más largo su período de tratamiento. Las TABLAS V-5 y V-7 indican los - porcentajes de Carotenoides Totales, expresados en mg, para plantas de N.rustica L. y H.distichon L. irradiadas - con UV-lejano.

El tratamiento continuado de UV-cercano produjo - en plantas de Nicotiana rustica L. y Hordeum distichon L., irradiadas inicialmente con UV-lejano, un menor contenido de Carotenoides Totales. Como se indicó en el párrafo anterior, el contenido de carotenoides en N.rustica L. se - produjo de forma ascendente aunque en un grado bastante - menor que en el caso de plantas que ya no recibían ningún tipo de radiación. En plantas de H.distichon L. irradiadas de forma continuada con UV-cercano el porcentaje de - carotenoides totales, en presencia de espigas, fue menor que en aquellas plantas cuya irradiación con UV-lejano había sido suprimida.

Las TABLAS V-6 y V-8 indican los porcentajes de - Carotenoides Totales, expresados en mg, para plantas de - N.rustica L. y H.distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano.

El retraso en el curso de crecimiento y desarrollo de las plantas de Nicotiana rustica L. y Hordeum distichon L. irradiadas, fue mayor en aquellas plantas, de - ambas especies, que recibían dosis continuada de UV-cercano, respecto de las plantas que ya no recibían ningún tipo de radiación, previa interrupción del tratamiento en - ambos casos con UV-lejano. Estos resultados refuerzan nuestras anteriores evidencias de la escasa o no participación del UV-cercano en el fenómeno de la foto-recuperación e indican la complejidad de las acciones ejercidas - por las distintas longitudes de onda de la región del UV, lo que obliga, en todo trabajo, a una perfecta delimitación de las condiciones de irradiación y hace desear una sistematización en la metodología del estudio en este interesante campo de trabajo de la radiación UV.

237

TABLA V-1

Porcentaje de Clorofila Total, referido a peso seco, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV _L -1 min.	UV _L -2 min.	UV _L -4 min.
1ª	0,40	0,40	0,38	0,36
2ª	0,78	0,77	0,71	0,47
3ª	0,78	0,79	0,68	0,73
4ª	1,05	1,16	0,53	0,68
5ª	0,80	0,68	0,50	0,93
6ª	0,91	0,75	0,47	1,07
7ª	0,88	0,75	0,32	0,71
8ª	0,86	0,58	0,43	1,00
9ª	0,91	0,57	1,23	1,07
10ª	0,98	0,91	0,53	1,09
11ª	0,96	0,36	0,50	0,91
12ª	0,99	0,62	0,89	0,93
13ª	1,00	0,71	1,32	1,14
14ª	1,06	0,87	0,93	1,84
15ª	1,34	5,86	1,02	1,06

TABLA V-2

Porcentaje de Clorofila Total, referido a peso seco, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano + UV-cerca no (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	$UV_{L+C}-(1+10)$	$UV_{L+C}-(2+10)$	$UV_{L+C}-(4+10)$
1ª	0,40	0,32	0,31	0,20
2ª	0,78	0,63	0,40	0,45
3ª	0,78	0,63	0,47	0,51
4ª	1,05	0,48	0,61	0,57
5ª	0,80	0,39	0,46	0,64
6ª	0,91	0,43	0,49	0,86
7ª	0,88	0,39	0,50	0,80
8ª	0,86	0,44	0,75	0,71
9ª	0,98	0,52	0,65	0,63
10ª	0,98	0,59	0,67	0,75
11ª	0,96	0,66	0,63	0,99
12ª	0,99	0,73	0,74	0,94
13ª	1,00	0,70	0,98	0,86
14ª	1,06	0,41	1,19	0,85
15ª	1,34	2,03	4,79	1,00

241

TABLA V-3

Porcentaje de Clorofila Total, referido a peso seco, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
1ª	0,96	0,56	0,54	0,38
2ª	0,97	1,03	0,66	0,46
3ª	1,31	0,46	0,37	0,38
4ª	0,87	0,71	0,57	0,56
5ª	0,74	0,92	0,79	0,62
6ª	0,78	0,59	0,85	1,03
7ª	0,49	0,49	0,88	0,89
8ª	0,43	0,65	0,73	0,85
9ª	0,35	0,61	0,57	0,47
10ª	0,28	0,55	0,59	0,33
11ª	0,26	0,39	0,58	0,25
12ª	0,22	0,34	0,26	0,21
13ª	0,16	0,24	0,19	0,09
14ª	0,12	0,24	0,18	0,09
15ª	0,05	0,17	0,14	0,06

212

TABLA V-4

Porcentaje de Clorofila Total, referido a peso seco, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cerca no (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	UV _{L+C} -(1+10)	UV _{L+C} -(2+10)	UV _{L+C} -(4+10)
1ª	0,09	0,55	0,50	0,38
2ª	0,97	1,07	0,54	0,23
3ª	1,31	0,64	0,33	0,24
4ª	0,87	0,65	0,44	0,15
5ª	0,74	0,50	0,63	0,30
6ª	0,78	0,54	0,78	0,73
7ª	0,49	0,45	0,62	0,67
8ª	0,43	0,42	0,65	1,12
9ª	0,35	0,36	0,53	1,10
10ª	0,28	0,30	0,42	0,95
11ª	0,26	0,30	0,35	0,53
12ª	0,22	0,27	0,29	0,36
13ª	0,16	0,18	0,19	0,18
14ª	0,12	0,15	0,10	0,16
15ª	0,05	0,13	0,09	0,12

243

TABLA V-5

Porcentaje de Carotenoides Totales, referido a peso seco, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de - Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
1ª	0,07	0,11	0,08	0,10
2ª	0,14	0,14	0,13	0,05
3ª	0,12	0,11	0,13	0,15
4ª	0,11	0,11	0,10	0,05
5ª	0,11	0,11	0,06	0,09
6ª	0,13	0,10	0,54	0,12
7ª	0,10	0,08	0,06	0,06
8ª	0,15	0,08	0,08	0,10
9ª	0,14	0,08	0,12	0,13
10ª	0,16	0,09	0,08	0,08
11ª	0,15	0,08	0,09	0,08
12ª	0,09	0,09	0,12	0,09
13ª	0,11	0,09	0,07	0,08
14ª	0,13	0,07	0,08	0,11
15ª	0,16	0,16	0,07	0,13

TABLA V-6

Porcentaje de Carotenoides Totales, referido a peso seco, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano + UV-cercano (UV_{L+C}).

MUESTRA	CONTROL	$UV_{L+C}-(1+10)$	$UV_{L+C}-(2+10)$	$UV_{L+C}-(4+10)$
1ª	0,07	0,05	0,05	0,03
2ª	0,14	0,62	0,15	0,10
3ª	0,12	0,12	0,08	0,10
4ª	0,11	0,06	0,08	0,32
5ª	0,11	0,09	0,10	0,08
6ª	0,13	0,07	0,09	0,06
7ª	0,10	0,07	0,09	0,06
8ª	0,15	0,08	0,10	0,11
9ª	0,14	0,07	0,12	0,05
10ª	0,16	0,08	0,09	0,06
11ª	0,15	0,09	0,10	0,10
12ª	0,09	0,11	0,08	0,10
13ª	0,11	0,10	0,12	0,09
14ª	0,13	0,10	0,11	0,07
15ª	0,16	0,07	0,30	0,10

TABLA V-7

Porcentaje de Carotenoides Totales, referido a peso seco, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano (UV_L).

MUESTRA	CONTROL	UV_L -1 min.	UV_L -2 min.	UV_L -4 min.
1ª	0,11	0,09	0,09	0,08
2ª	0,13	0,14	0,10	0,09
3ª	0,16	0,10	0,04	0,06
4ª	0,15	0,14	0,11	0,10
5ª	0,14	0,16	0,14	0,10
6ª	0,13	0,10	0,15	0,16
7ª	0,08	0,08	0,14	0,17
8ª	0,08	0,11	0,12	0,14
9ª	0,07	0,10	0,10	0,10
10ª	0,05	0,09	0,09	0,07
11ª	0,05	0,07	0,08	0,06
12ª	0,09	0,06	0,04	0,04
13ª	0,03	0,04	0,01	0,01
14ª	0,02	0,04	0,03	0,01
15ª	0,01	0,03	0,03	0,01

TABLA V-8

Porcentaje de Carotenoides Totales, referido a peso seco, correspondiente a los ensayos realizados con plantas de Hordeum distichon L. irradiadas con UV-lejano + UV-cerca-no (UV_{L+C}).

MUESTRA CONTROL	$UV_{L+C}-(1+10)$	$UV_{L+C}-(2+10)$	$UV_{L+C}-(4+10)$
1ª	0,11	0,10	0,10
2ª	0,13	0,17	0,12
3ª	0,16	0,11	0,06
4ª	0,15	0,12	0,08
5ª	0,14	0,09	0,12
6ª	0,13	0,10	0,09
7ª	0,08	0,07	0,13
8ª	0,08	0,10	0,11
9ª	0,07	0,07	0,10
10ª	0,05	0,07	0,08
11ª	0,05	0,05	0,08
12ª	0,09	0,05	0,05
13ª	0,03	0,03	0,04
14ª	0,02	0,03	0,03
15ª	0,01	0,02	0,01

VI) CONCLUSIONES

VI) CONCLUSIONES

- 1) El UV-lejano produce un retraso en la germinación de las plantas de Nicotiana rustica L. tratadas con la máxima dosis de dicha radiación. En Hordeum distichon L. no se produjo inhibición en la germinación, posiblemente al ser sembradas en profundidad.
- 2) El UV-cercano adicionado a UV-lejano produjo un retraso elevado en la germinación de las plantas de Nicotiana rustica L. que recibían la máxima dosis de UV-lejano. Sin embargo, en la especie de Monocotiledónea utilizada, Hordeum distichon L., no ejerció efecto inhibitorio, posiblemente por las condiciones de siembra expuestas en el párrafo anterior.
- 3) La especie de Monocotiledónea utilizada en la experiencia, Hordeum distichon L., presentó una respuesta más rápida que la especie de Dicotiledónea, Nicotiana rustica L., frente al tratamiento con radiación UV. - Esto nos induce a pensar que posiblemente, N. rustica L. posea una mayor resistencia a los efectos lesivos de la radiación UV.
- 4) La irradiación con UV no produjo inhibición en el crecimiento de Hordeum distichon L. al comienzo del tratamiento y sí en Nicotiana rustica L., lo cual atrib-

243

buimos al efecto protector del coleoptilo frente a -
las acciones localizadas del UV.

- 5) Dosis idénticas de UV-cercano adicionadas a distintas dosis de UV-lejano incrementan el carácter lesivo de esta última radiación, provocando una inhibición en el crecimiento longitudinal de las plantas de Nicotiana rustica L. y Hordeum distichon L. irradiadas. Esta inhibición fue tanto mayor cuanto mayor fue el tiempo de irradiación con UV.
- 6) La interrupción del tratamiento con UV-lejano provocó una recuperación en el crecimiento longitudinal de - Nicotiana rustica L. y Hordeum distichon L. Esta recuperación se relacionó directamente con el momento en que fue suprimida la irradiación con UV-lejano.
- 7) La irradiación ininterrumpida con UV-cercano, después de suprimir el tratamiento con UV-lejano, no provocó sobre Nicotiana rustica L. y Hordeum distichon L. el efecto recuperador en el grado esperado. Esto induce a pensar que, en cierto modo, el UV-cercano suministrado de forma continuada, puede provocar un incremento de los efectos lesivos producidos anteriormente - con el UV-lejano.

- 8) El tratamiento con UV-lejano en las plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas provocó un retraso en la floración de las mismas, siendo mayor en aquellas - plantas que recibían pequeñas dosis de UV-lejano, al ser las últimas en recibir dicha radiación.
- 9) El UV-cercano suministrado de forma continuada a - - plantas de Nicotiana rustica L. que habían sido irradiadas anteriormente con UV-lejano, no produjo estímulo en la floración de las mismas, sino un retraso respecto de aquellas plantas dejadas de irradiar con UV-lejano que ya no recibían ningún tipo de radiación UV.
- 10) La irradiación inicial con UV-lejano, produjo un retraso en la aparición de espigas y su posterior maduración en plantas de Hordeum distichon L. irradiadas. Este retraso fue mayor en los lotes que recibieron dosis menores, probablemente por los efectos acumulativos del UV-lejano y por la diferencia en los tiempos en que cesó de suministrarse la irradiación lesiva.
- 11) El UV-cercano adicionado al UV-lejano produjo un retraso en la aparición de las espigas en plantas de - Hordeum distichon L. Este retraso fue mayor que en el caso del tratamiento inicial con UV-lejano.

250

- 12) El tratamiento inicial, con UV-lejano produjo en Hordeum distichon L. una disminución en el porcentaje de carotenoides en el momento de aparición de las espigas.
- 13) El UV-lejano + UV-cercano produjo en las plantas de Hordeum distichon L. tratadas una disminución en el porcentaje de carotenoides en el momento de aparición de las espigas respecto de las plantas sometidas al tratamiento inicial con UV-lejano. Lo que lleva a pensar que el efecto fue debido al tratamiento continuado con UV-cercano.
- 14) El UV-lejano provocó una disminución de clorofila y carotenoides totales en Nicotiana rustica L. en función del tiempo total de irradiación.
- 15) El UV-lejano + UV-cercano produjo en las plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas una disminución del contenido de clorofila y carotenoides menor que la disminución provocada por el tratamiento inicial con UV-lejano.
- 16) El UV-lejano provocó en las plantas de Hordeum distichon L. irradiadas inicialmente un retraso del ciclo propio de los cereales, manifestándose por un mayor contenido de clorofila.

- 17) La dosis adicional de UV-cercano a plantas de Hor-
deum distichon L. irradiadas con UV-lejano, con pos-
terior interrupción de este último tratamiento, provo-
có en las plantas tratadas un retraso en su ciclo, ma
yor que para las plantas irradiadas, en un principio,
con UV-lejano. El retraso se manifestó por un mayor -
porcentaje de clorofila en el lote que recibió mayor -
dosis de UV-cercano y menor de UV-lejano.

VII) BIBLIOGRAFIA

VII) BIBLIOGRAFIA

- 1) AMBLER, J.E., KRIZAK, D.T. and SEMENIUK, P. - Influence of UV-B radiation on early seedling growth and -- translocation of ^{65}Zn from cotyledons in cotton. *Physiol. Plant* 34: 177-181. (1975).
- 2) ANDERSON, I.C. and ROBERTSON, D.S.- Role of Carotenoids in protecting chlorophyll from photodestruction. *Plant Physiol.* 35: 531-534 (1960)
- 3) ANDERSEN, R. and KASPERBAUER, M.J.- Chemical Composition of Tobacco leaves altered by near-ultraviolet -- and intensity of visible light. *Plant Physiol.* 51: -- 723-726. (1973)
- 4) ARNON, D.I.- Copper enzymes in isolated chloroplast.- Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiol.* 24: 1-15. (1949).
- 5) BAILEY, P.C. and WOLFF, S.- A comparison of X-Ray and Ultraviolet- induced aberrations in pollen tube chromosomes of Tradescantia.-II- Influence of protein synthesis inhibitors.- *Radiat. Bot.* 4: 121-125. (1964).
- 6) BARCELO, J., MORALES, C., PIÑOL, M.T. y SERRANO, M.- Influjo de la irradiación con UV de 2.537 \AA sobre Nicotiana rustica L. I. Crecimiento y contenido de pigmentos liposolubles. *Revista Española de Fisiología.* 28: 21-28. (1972).
- 7) BARCELO, J., MORALES, C., PIÑOL, M.T., ALEMAN, M.J. y SERRANO, M.- Influjo de la irradiación con UV de -- 2.537 \AA sobre Nicotiana rustica L. II. Ácidos nucleicos y proteínas. *Revista Española de Fisiología Vegetal.* 28: 29-32. (1972).
- 8) BARCELO, J., PIÑOL, M.T. y MORALES, C.- Influencia de la irradiación con UV-cercano sobre el crecimiento y contenido de clorofila de Nicotiana rustica L. *Pharmacia Mediterránea.* X: 1197-1206. (1974).

- 9) BARCELO, J., y GALO BARDES, M.- Acciones diferenciales de la irradiación UV de 2.537 Å sobre Nicotiana rustica L. II Reunión Nacional de Fisiología Vegetal. Sta. Cruz de Tenerife. (Octubre 1976).
- 10) BARCELO, J. y BAZTAN, J.- Efectos del UV-lejano y UV-cercano sobre el crecimiento y desarrollo de Nicotiana rustica L. XIII Congreso Internacional de la Sociedad Farmacéutica del Mediterráneo Latino. Tolouse. (Mayo-1978).
- 11) BARCELO, J., CREUS, J. y GALO BARDES, M.- Efectos de las radiaciones UV de 3.550 Å y 2.537 Å sobre plantas de Nicotiana rustica L. Pharmacia Mediterránea. 11: - (1979) (en prensa).
- 11-bis) BARCELO COLL, J.- Fotomorfogénesis. En BIOLOGIA - CELULAR. C. Vicente Córdoba (ed.). Ed. Blume. Madrid. (1979).
- 12) BAWDEN, F.C. and KLECZKOWSKI, A.- Ultraviolet injury to higher plants counteracted by visible light. Nature. 169: 90-91. (1952).
- 13) BAZTAN, J.- Aportación al estudio de las acciones del UV sobre el metabolismo nitrogenado-alcaloídico de - Nicotiana rustica L. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Univ. Complut. Madrid (1978).
- 14) PHATTACHARJEE, S.K.- Unstable protein mediated ultraviolet light resistance in Anacystis nidulans. Nature 269: 82-83. (1977).
- 15) BJORN, L.O.- The light requirement for different steps in the development of chloroplasts in excised wheat - roots. Physiol Plant. 20: 483-499. (1967).

- 16) BLASS, U., ANDERSON, J.M. and CALVIN, M.- Biosynthese--
sis and possible functional relationships among the -
carotenoids and between chlorophyll b. Plant Physiol -
34: 329-332. (1959).
- 17) ROUTIN, M.E. and KLEIN, R.M.- Absence of phytochrome
participation in chlorophyll synthesis in Euglena. --
Plant Physiol. 49: 656-657. (1972).
- 18) BRANDLE, J.R., CAMPBELL, W.F., Sisson, W.B. and CALD-
WELL, M.M.- Net photosynthesis, electron transport ca-
pacity, and ultrastructure of Pisum sativum, exposed
to ultraviolet-B radiation. Plant Physiol 60: 165-169
(1977).
- 19) BREWBAKER, J.L., ESPIRITU, I. and MAJUMDER, S.K. Com-
parative effects of X-Ray and UV-irradiations on po--
llen germination and growth. Radiat.Bot. 5: 493-500.-
(1965).
- 20) BRODFÜHRER, U.- Der einfluss einer abgestuften Dosie-
rung von ultravioletter Sonnenstrahlung auf die Wa--
chstum der Pflanzen. Planta. 45: 1-56. (1955).
- 21) BRUMFIELD, R.T.- Curvatures in timothy roots induced
by UV radiation. Am.J.Bot. 40: 615-617. (1953).
- 22) BÜNNING, E.- Phototropismus und Carotenoide.I.Photo--
tropische Wirksamkeit von Strahlen verschiedener we-
llenlänge und strahlen absorption im pigment bei Pi-
lobolus. Planta. 26: 719-736. (1937).
- 23) BURKE, J.D.- Biología Celular: Biología de la Irradia-
ción Celular. 1ª ed. (1971).
- 24) BURNS, G.R.- Photosynthesis and absorption in blue ra-
diation. Am.J.Bot. 29: 381-387. (1942).
- 25) CARLIE, M.J.- The Photobiology of fungi. Ann.Rev. - -
Plant Physiol. 16: 188-189. (1965).

- 26) CHANG, D.C.N. and CAMPBELL, W.F.- Responses of Tradescantia stamen hairs and pollen to UV-B irradiation. - Radiat. Bot. 16: 195-199. (1976)
- 27) CHASSON, R. and WICKLIFF, F.L.- Thin layer chromatography of chloroplast pigments. Plant Physiol. 39: -- XXXII. (1964).
- 28) CHENIAE.- Photosystem II and O₂ evolution. Ann, Rev. Plant Physiol. 21:482-483. (1970).
- 29) CIENCIA ILUSTRADA.- Radiaciones Electromagnéticas. - 3: 760-763. (1975).
- 30) CIENCIA ILUSTRADA.- Espectro UV. 4: 930. (1975).
- 31) CIENCIA ILUSTRADA.- Usos del UV. 4: 1024. (1975).
- 32) CLINE, M.G. and SALISBURY, F.B.- Effects of ultra-violet anolen and simulated solar ultra-violet radiation on the leaves of higher plantas. Nature. 211:484-486. (1966).
- 33) CLINE , M.G. and SALISBURY, F.B.- Effects of ultraviolet radiation on the leaves of higher plants. Radiat. Bot. 6: 151-163. (1966).
- 34) CURTIS, C.R.- Comparison of UV-induced delay in germination in pigmented and piment-inhibited conidia of - Aspergillus carbonarius. Radiat.Bot. 10: 125-130. - - (1970).
- 35) DEVLIN, R.- Fisiología Vegetal. Ed. Omega. Barcelona (1970).
- 36) DOWNS, R.J.- Photoreversibility of leaf and hypocotyl elongation of dark grown red kidney bean seedlings. - Plant Physiol. 30: 468-473. (1955).

- 37) DRUMM, H. and MOHR, H.- The mode of interaction between blue (UV) light photoreceptor and phytochrome in anthocyanin formation of the Sorghum seed lings. Photochem. and Photobiol. 27: 241-248. (1978).
- 38) EL-MANSY, H.I. and SALISBURY, F.B.- Biochemical responses of Xanthium leaves to ultraviolet radiation. - Radiat.Bot. 11: 325-328. (1971).
- 39) EL-MANSY, H.I. and SALISBURY, F.B.- Physiological responses of onion plants to UV-irradiation at 0° C. Radiat.Bot. 14: 51-57. (1974).
- 40) FABO, E.C.DE., HARDING, R. and SHROPSHIRE, J.- Action Spectrum between 260 and 800 Nanometers for the Photoinduction of Carotenoids Biosynthesis in Neurospora Crassa. Plant Physiol. 57: 440-445. (1976).
- 41) FACTA. ENCICLOPEDIA SISTEMATICA.- Ciencias Fundamentales. T.I.: 108-109. (1962).
- 42) FINAR, I.L.- Química Orgánica. II. Estereoquímica y - Química de los Productos Naturales. Ed. Alhambra. Madrid (1970).
- 43) FORK, D.C. and AMESZ, J.- Spectrophotometric studies - of the mechanism of photosynthesis. Photophysiology. 5: 97-126. (1970).
- 44) FRIES, N.- The effect of adenine and Kinetin on growth and differentiation of Lupinus. Physiol Plant. 13: - 468-481. (1960).
- 45) GALOVARDES, M.- Contribución al estudio del influjo - de la irradiación UV sobre el metabolismo nitrogenado de Nicotiana rustica L. Tesis Doctoral. Facultad de - Farmacia. Univ. de Barcelona. (1976).
- 46) GARCIA SANTESMASES, J.- Física General. 6ª ed. Madrid (1968).

- 47) GOMEZ, R.- Estudio sobre el metabolismo aminoácido y alcaloídico en plantas de Nicotiana rustica L. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Univ. de Barcelona.- (1977).
- 48) GOODWIN, R.H.- On the inhibition of the first internode of Avena by light. Am.J.Bot. 28: 325-332. (1941).
- 49) HABECK, H. and CURTIS, C.R.- Induction and Photoreversal of bean leaf peroxidase isoenzymes by germicidal and near ultraviolet radiation. Radiat.Bot. 14: 243-250. (1974).
- 50) HABER, A. and CARRIER, W.- Pigment formation & Photosynthesis in dormant lettuce seeds. Plant Physiol. 36: 351-353. (1961).
- 51) HADWIGER, L.A. and SCHOWOCHAN, M.E.- Ultraviolet light induced formation of psiatin and phenylalanine ammonia-lyase. Plant Physiol. 47: 588-590. (1971).
- 52) HALLDAL, P.-Ultraviolet action spectra in algalogy. - Photochem. Photobiol. 6: 445-460. (1967).
- 53) HAURY, J.F. and BOGOARD, L.- Action spectra studies - of complementary chromatic adaptations in Fremyella diplosiphon. Plant Physiol. (abstr.) 53: 46. (1974).
- 54) HEIMER, Y.M., BEN-HUR, E. and RIKLIS, E.- Psoralen - and near ultraviolet light; a probe for study of control of protein synthesis. Nature. 268: 1970-1971. - (1977).
- 55) HOPKINS, D., GOLDBERG, B. and KLEIN, W.- Simulation - of UV-B expected at various atmospheric ozone levels and its effect on growth of plants. Plant Physiol. 61: 74. (1978).

- 56) IKENAGA, M. and MARUCHI, T.- Photoreactivation of endosperm mutations induced by ultraviolet light in maize. Radiat. Bot. 6: 165-169. (1966).
- 57) JASPARS, E.M.J.- Pigmentation of Tobacco Crown-Gall - Tissues cultures in vitro in dependence of the composition of the medium. Physiol. Plant. 18: 933. (1965).
- 58) JONES, L.W. and KOK, B.- Photoinhibition of Chloroplast reactions. I. Kinetics and action spectra. Plant Physiol. 41: 1037-1043. (1966).
- 58-bis) JONES, L.W. and KOK, B.- Photoinhibition of Chloroplast reactions. II. Multiple effects. Plant Physiol. 41: 1044-1049. (1966).
- 59) KENDRICK, R.E. and FRANKLAND, B.- Photocontrol of germination in Amaranthus caudatus. Planta. 85: 326-339. (1969).
- 60) KLEIN, W., WITHROW, R., ELSTAD, V. and PRICE.- Photocontrol of growth and pigment synthesis in the bean seedling as related to irradiance and wavelength. Am. J. Bot. 44: 15-18. (1957).
- 61) KLEIN, R.M. and KLEIN, D.T.- Interaction of ionizing and visible radiation in mutation induction in Neurospora crassa. Am. J. Bot. 49: 870-874. (1962).
- 62) KLEIN, R.M. and WANSOR, J.- Effects of non-ionizing radiation on expansion of disks from leaves of dark-grown bean plants. Plant Physiol. 38: 5-10. (1963).
- 63) KLEIN, R.M.- Repression of tissue culture growth by visible and near visible radiation. Plant Physiol. 39: 536-539. (1964).
- 64) KLEIN, R., EDSALL, P. and GENTILE, A.- Effects of near ultraviolet and green radiations on plant growth. - Plant Physiol. 40: 903-905. (1965).
- 65) KLEIN, R.M.- Influence of ultraviolet radiation on auxincontrolled plant growth. Am. J. Bot. 54: 904-914. - (1967).

- 66) KLEIN, R.M.- Plants and Near UV Radiation. Bot. Rev. 44: 2-87. (1978).
- 67) KRINSKY, N.I.- The protective function of carotenoid pigments. Photophysiology. 3: 123-195. (1968).
- 68) KRIZEK, D.T.- Influence of ultraviolet radiation on germination and early seedling growth. Physiol Plant. 34: 182-186. (1975).
- 69) KU, P. and MANCINELLI, A.- Photocontrol of anthocyanin synthesis. I. Action of short, prolonged and intermittent irradiations on the formation of anthocyanins in cabbage, mustard and turnip seedlings. Plant Physiol. 49: 212-217. (1972).
- 70) LINDOO, S.J. and CALDWELL, M.- Ultraviolet-B radiation induced inhibition of leaf expansion and promotion of anthocyanin production. Plant Physiol. 61: 278-280. (1978).
- 71) LINSKENS, H.F.- Pollen Physiology. Ann.Rev. Plant Physiol. 15: 257. (1964).
- 72) LYMAN, H. and SMILLIE, R.-The prevention of the UV-induced block of chloroplast replication in Euglena gracilis by azathymine. Plant Physiol. Supp. 38: III. (1963).
- 73) MACKINNEY, G.- Absorption on light by chlorophyll solutions. J.Biol. Chem. 140: 315. (1941).
- 74) MAIRE, R.- Flore de L'Afrique du Nord. Vol. III Monocotyledonae: Glumiflorae (graminae:sf Pooideae pp). - Paris. (1955).
- 75) McLEOD, G.C. and KANWISHER, J.- The quantum efficiency of photosynthesis in ultraviolet light. Physiol. - Plant. 15: 581-586. (1962).

- 76) MARTIN , M.S., BARCELO, J. y APAD, J.B.- Variaciones en el contenido de pigmentos liposolubles en plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-lejano y cercano. III Reunión Nacional de Fisiología Vegetal. Granada. (Octubre 1978).
- 77) METZNER, P.- Über das optische Verhalten der Pflanzen gewebe im langwelligen ultravioletten Lichtes. Plants. 10: 281-313. (1930).
- 78) OGAWA, T., INOUE, Y., KITAJIMA, M. and SHIBATA, K.- - Action spectra for biosynthesis of chlorophylls a and b and carotene. Photochem. Photobiol. 18: 229-235. (1973).
- 79) OHYAMA, K., PLECHER, L.E. and GAMBORG, O.L.- The effects of ultraviolet irradiation on survival and on nucleic acids and protein synthesis in plant protoplasts. Radiat. Bot. 14: 343-346. (1974).
- 80) OWEN, P.C.- Effect of ultraviolet radiation on the - respiration-rates of tobacco leaves, and its reversal by visible light. Nature. 180: 610-611. (1957).
- 81) PANASENKO, V.T.- Effects of light radiation on the de velopment of fungi. Bot. Rev. 33: 199-201. (1967).
- 82) PARKER, K.E. and HORSLEY, R.J.- The ultraviolet radio sensitivity of Oedogonium cardiacum cells at various stages of the cell cycle. Radiat.Bot. 12: 239-248. - (1972).
- 83) PATTERSON, D., DUKE, S. and HOAGLAND, R.- Effects of irradiance during growth on adaptive photosynthetic - characteristics of Velvetleaf and cotton. Plant Physiol. 61: 402-405. (1978).
- 84) PEISER, G.D. and YANG, S.F.- Chlorophyll destruction by bisulfite-oxygen system. Plant Physiol. 60: 277. - (1977).

- 85) PFAHLER, P.L.- In vitro germination and pollen tube - growth of maize (Zea mays L.) pollen. VII. Effects of ultraviolet irradiation. Radiat. Bot. 13: 13-18. (1973)
- 86) PIÑOL, M.T.- Crecimiento y metabolismo nitrogenado en plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-cercano. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Univ. de Barcelona. (1964).
- 87) PIÑOL, M.T. y MORALES, C.- Radiación UV y niveles de ácidos nucleicos y aminoácidos proteicos en Nicotiana rustica L. II Reunión Nacional de Fisiología Vegetal. Sta. Cruz de Tenerife, (Octubre 1976).
- 88) PIÑOL, M.T. y SERRANO, M.- Radiación UV y niveles de aminoácidos proteicos y nicotina en Nicotiana rustica L. II Reunión Nacional de Fisiología Vegetal. Sta. Cruz de Tenerife. (Octubre 1976).
- 89) PIÑOL, M.T. BARCELO, J. y MORALES, C.- Crecimiento y metabolismo nitrogenado en plantas de Nicotiana rustica L. irradiadas con UV-cercano. I. Caracteres vegetativos y aminoácidos. Anales de Edafología y Agrobiología. (1979) (en prensa).
- 90) POPP, H.W. and BROWN, F.- Is ultraviolet radiation - stimulating to plants. Am.J.Bot. 15: 623-624. (1928).
- 91) RADUA, P., PIÑOL, M.T., MORALES, C., BARCELO, J. y SERRANO, M.- Influjo de la irradiación con UV-cercano - sobre el contenido de aminoácidos libres y proteicos de Nicotiana rustica L. Anales de Edafología y Agrobiología. XXXI: 123-132. (1972).
- 92) SAYRE, J.D.- The development of chlorophyll in seedlings in different ranges of wavelengths of light. - Plant Physiol. 3: 71-77. (1928).
- 93) SCHULZ, S., SISTERS, O.P. and KLEIN, R.- Effects of - visible and ultraviolet radiation on the germination of Phacelia tanacetifolia. Am.J.Bot. 50: 430-434. (- (1963).

- 94) SEIBERT, M., WETHERBEE, P.J. and JOB, D.D.- The effects of light intensity and spectral quality on growth and shoot initiation in tobacco calus. Plant Physiol. 56: 130-139. (1975).
- 95) SERRANO, M., BARCELO, J., RADUA, P., MORALES, C. y - PIÑOL, M.T.- Influjo de la irradiación con UV-cercano sobre el crecimiento y metabolismo nitrogenado de Nicotiana rustica L. Anales de Edafología y Agrobiología. XXX: 1149-1162. (1971).
- 96) SERRANO, M., MORALES, C., BARCELO, J., RADUA, P. y - PIÑOL, M.T.- Influjo de la irradiación con UV-cercano sobre el contenido de ADN y ARN de Nicotiana rustica L. Anales de Edafología y Agrobiología. XXX: 1163-1168.- (1971).
- 97) SERRANO, M. y GOMEZ, R.A.- Radiación UV y nivel alcaloídico en Nicotiana rustica L. II Reunión Nacional de Fisiología Vegetal. Sta. Cruz de Tenerife. (Octubre 1976).
- 98) SERRANO, M. y VECIANA, M.C.- Radiación UV y variaciones en los aminoácidos proteicos de Nicotiana rustica L. II Reunión Nacional de Fisiología Vegetal. Sta. Cruz de Tenerife. (Octubre 1976).
- 99) SETLOW, J.K.- The shape of the ultraviolet inactivation curve for transforming DNA. Nature. 268: 169-170 (1977).
- 100) SHEARD, C., HIGGINS, G.M. and FOSTER, W.I.- The germination of seeds, growth of plants and development of chlorophyll as influenced by selective solar irradiation. Science. 71: 291-293. (1930).
- 101) SHIRLEY, H.L.- Light as an ecological factor. Bot. - Rev. 11: 497-532. (1945).

- 102) SINGH.- Ultraviolet dose modifying effects of acriflavine in the blue-green alga Anabaena variabilis. Radiat. Bot. 18: 193-199. (1978).
- 103) Sisson, W.R. and CALDWELL, M.M.- Photosynthesis, dark respiration and growth of Rumex patientia L. exposed to ultraviolet irradiance (288 to 215 nm) simulating a reduced atmospheric ozone column. Plant Physiol. 58: - 563-568. (1976).
- 104) SMITH, J. and BENITEZ, A.- Chlorophylls: Analysis in plant materials. In: Modern Methods of Plant Analysis. Vol. IV. K. Paech and Tracey, eds. Springer-Verlag. - Berlin. (1955).
- 105) SOYFER, V.N. and CIEMINIS, K.G.- Excision of thymine dimers from the DNA of UV-irradiated plant seedlings. Radiat. Bot. 17: 135-143. (1977).
- 106) SWEENEY, B.- Resetting the biological clock in Gonyaulax with ultraviolet light. Plant Physiol. 38: 704-708. (1963).
- 107) TAMIYA, H.- Synchronous cultures of algae. Ann.Rev. - Plant Physiol. 17: 18. (1966).
- 108) TANADA, T. and HENDRICKS.- Photoreversal of ultraviolet effects in soybean leaves. Am.J.Bot. 40: 634-637. (1953).
- 109) TANADA, T.- Effects of ultraviolet radiation and calcium and their interaction on salt absorption by excised mung bean roots. Plant Physiol. 30: 221-225. (1955)
- 110) TANADA, T.- Reversal of ultraviolet effects on the absorption of rubidium by excised mung bean roots. Am.J. Bot. 44: 723-725. (1957).
- 111) TERAMURA, A., KOSSUTH, S. and BIGGS, R.- Effects of - UV-B enhancement under contrasting par growth regimes on nce, dark respiration, and growth in soybeans (Glycine max). Plant Physiol. 61: 74. Supp. (1978).

- 112) THOMPSON, J.P.- Partition chromatography and its use in the plant sciences: chlorophylls and carotenoids. Bot. Rev. 25: 209. (1959).
- 113) TRANQUILLINI, W.- The physiology of plants at high - altitudes.- Resistance to ultraviolet radiation. Ann. Rev. Plant Physiol. 15: 359. (1964).
- 114) VAN BAALEN, C.- The effects of ultraviolet irradiation on a coccoid blue-green alga: survival, photosynthesis and photoreactivation. Plant Physiol. 43: 1689-1695. (1968).
- 115) WAGNE, C.- Effect of UV light on lettuce seed germination and on the unfolding of grass leaves. Physiol. - Plant. 19: 128-133. (1966).
- 116) WALLACE, R.H. and SCHWARTING, A.E.- A study of chlorophyll in a white mutant strain of *Helianthus annuus*. Plant Physiol. 29: 431-436. (1954).
- 117) WELIMAN, E.- Phytochrome-mediated flavone glycoside - synthesis in cell suspension cultures of Petroselinum hortense after pre-irradiation with ultraviolet light. Planta. 101: 283-286. (1971).
- 118) WELIMAN, E. and BARON, D.- Dur phytochromkontrollierte enzyme der flavonoid-synthese in Zell suspensions kulturen von Petersile (Petroselinum hortense Hoffm). Planta. 119: 161-164. (1974).
- 119) WITHROW, R.B., KLEIN, W.H., PRICE, L. and ELSTAD, V.- Influence of visible and near infrared radiant energy on organ development and pigment synthesis in bean and corn. Plant Physiol. 28: 1-14. (1953).
- 120) WOLF, F.T.- Effects of light and darkness on biosynthesis of carotenoid pigments in wheat seedlings. - - Plant Physiol. 38: 649-652. (1963).

- 121) WRIGHT, L. and MURPHY, T.- Ultraviolet radiation-stimulated efflux of 86-rubidium from cultured tobacco - cells. *Plant Physiol.* 61: 434-436. (1978).
- 122) WU, M. and MYERS, J.- Further search for possible function of pteridine in photosynthesis. *Plant Physiol.* - 42: S-34. (1967).
- 123) WURHMANN-MEYER, K. and WURHMANN-MEYER, M.- Untersuchungen über die absorption ultravioletter strahlen - durch kutikalar- und wachs-schichten von Blatter. I. *Planta.* 32: 43-50. (1941).
- 124) YAMASHITA, T. and BUTLER, W.L.- Inhibition of chloroplasts by UV-Irradiation and Heat-treatment. *Plant - Physiol.* 43: 2.037-2.040. (1968).
- 125) YANG, C.Y.- Effects of ultraviolet irradiation on production of aflatoxins by Aspergillus flavus. *Radiat. Bot.* 12: 105-11. (1972).
- 126) ZUCKER, M.- Light and enzymes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 23: 142-143. (1972).

=====

